



Universidad
Carlos III de Madrid

Departamento de Ingeniería Mecánica

PROYECTO FIN DE CARRERA

EVOLUCIÓN Y ESTUDIO DE LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN DEL PROTOTIPO MOTOSTUDENT 2010

Autor: Jaime Zamora Arjona

Tutor: D. José Germán Pérez Alonso

Leganés, octubre de 2010

TÍTULO

EVOLUCIÓN Y ESTUDIO DE LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN DEL PROTOTIPO MOTOSTUDENT 2010

Autor: JAIME ZAMORA ARJONA

Director: JUAN CARLOS GARCÍA PRADA

EL TRIBUNAL

Presidente: _____

Vocal: _____

Secretario: _____

Realizado el acto de defensa y lectura del Proyecto Fin de Carrera
el día ____ de _____ de 20__ en Leganés, en la Escuela
Politécnica Superior de la Universidad Carlos III de Madrid, acuerda
otorgarle la CALIFICACIÓN de

VOCAL

SECRETARIO

PRESIDENTE

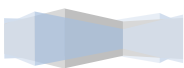
2



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Don Juan Carlos García Prada y Don José Germán Pérez Alonso la oportunidad ofrecida de entrar en el proyecto Motostudent y así poder realizar mi propio proyecto fin de carrera.

De igual o mayor importancia ha sido la inestimable ayuda ofrecida por mi familia, mis padres **José Antonio y Rosario** y mis hermanos **José Antonio y María**, los cuales se ofrecieron en todo momento para animar en los momentos difíciles. Por eso a ellos va dedicada la realización de este proyecto.



RESUMEN

En la realización de este proyecto se van a abordar diversos puntos clave en el desarrollo del prototipo Motostudent 2010 por la Universidad Carlos III de Madrid.

Dicho proyecto se basa en la viabilidad de crear una serie de 500 motocicletas de velocidad de 125 cc con un coste no superior a 4500'00 € por unidad.

Para lograr este objetivo, primero se han planteado diferentes vías para vender nuestro producto adaptándolo a diferentes campeonatos y categorías. Con ello se conseguirá la ampliación de mercado.

Seguidamente se plantea la opción de creación de nuestra motocicleta de forma externa, es decir, externalizar la producción de nuestro producto final.

En este punto se definirán todos los procesos de fabricación adoptados en la elaboración de la motocicleta, los materiales elegidos y el diseño de una línea de montaje específica a nuestra motocicleta que aproveche al máximo los recursos y el tiempo.

Como vía alternativa a la obtención exclusiva de beneficios con la venta de motocicletas, se creará un catálogo de repuestos propios a nuestra empresa y que, nuevamente, nos abrirá las puertas a más clientes, que no necesariamente hayan comprado previamente una de nuestras motos.

Para finalizar este documento se analizarán los presupuestos generales en la elaboración de nuestro producto final hasta que éste se encuentre en manos de nuestros clientes.



ABSTRACT

In this project, several key points of the development of the MotoStudent 2010 prototype by the University Carlos III of Madrid are going to explain. This project is based on the viability of creating a series of 500 motorcycles of 125 cc with a cost less than 4500'00 € per unit. To achieve this goal, firstly we will propose different ways to sell our product like adapt it to different tournaments and categories.

According to reach our goal, we have the option of creating our motorcycle in an external way.

At this point, we are going to define all the manufacturing processes adopted in the motorcycles creation, specifying the materials chosen and the design of a specific assembly line which will maximize resources and timing.

As an alternative route to obtain benefits, exclusives from the motorcycle sales, we will create a spare parts catalog and, again, we open the door to more customers, who have not necessarily purchased one of our motorbikes before.

To end this document, we will analyze the budgets of our final product until this is in the hands of our customers.



ÍNDICE GENERAL

APARTADO	PÁGINA
<i>AGRADECIMIENTOS</i>	3
<i>RESUMEN</i>	4
<i>ABSTRACT</i>	5
<i>INTRODUCCIÓN</i>	14
<i>OBJETIVOS</i>	25
1. EVOLUCIÓN DE PROTOTIPO MOTOSTUDENT 2010	26
1.1 ADAPTACIÓN A CATEGORÍAS “DOS TIEMPOS (2T)”	27
1.1.1 CAMPEONATO DE ESPAÑA DE VELOCIDAD (CEV)	27
1.1.2 CAMPEONATO MEDITERRÁNEO DE VELOCIDAD (CMV)	31
1.1.3 CAMPEONATO DE VELOCIDAD MOTODES	32
1.1.4 CUNA DE CAMPEONES BANCAJA 2010	34
- Evolución Motocicleta 80 cc (Challenge y XL PRO)	41
- Evolución motocicleta 125 PRE GP	43
1.2 EVOLUCIÓN A MOTOR DE “CUATRO TIEMPOS (4T)”	44
1.2.1 MOTOR DE 2 TIEMPOS	44
1.2.2 MOTOR DE 4 TIEMPOS	46
1.2.3 EVOLUCIÓN DE LOS MOTORES 2t A 4t	48
2. ESTUDIO DE LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN	56
2.1 PROCESO DE FABRICACIÓN	58
2.1.1 RUEDA DELANTERA, TRASERA Y FRENOS	58
- LLANTA	58
- SEPARADOR RODAMIENTOS RUEDA	63
- DISCO DE FRENO	65
- EJE DE RUEDA	68
- CORONA DE TRANSMISIÓN	69
- TIRANTE PINZA FRENO	72
2.1.2 CHASIS/SUBCHASIS	73
- CHASIS	73



- SUBCHASIS	83
- EJES DE LOS TRIÁNGULOS SUPERIOR E INFERIOR	84
- SEPARADORES DE RODAMIENTOS EN TRIÁNGULOS	84
2.1.3 DIRECCIÓN	84
- SOPORTE DE DIRECCIÓN	84
- TIJA	86
- EJE DE DIRECCIÓN	87
- SEMIMANILLARES COMPLETOS	87
- COMPÁS DE DIRECCIÓN	88
2.1.4 SUSPENSIÓN DELANTERA	89
- SUSPENSIÓN DELANTERA Y TRIÁNGULOS	89
- CASQUILLO DE CENTRADO	90
2.1.5 SUSPENSIÓN TRASERA	91
2.1.6 MANDOS Y CONTROLES	92
- MANETA DE EMBRAGUE	92
- PALANCA DE FRENO TRASERO	93
- PALANCA DE CAMBIO	94
- ESTRIBERAS	94
- CABALLETE	96
2.1.7 CARENADO	97
2.2 CADENA DE MONTAJE	100
- AIRBOX	110
- SOPORTE CUPOLINO	110
- DEPÓSITO	111
2.3 PROCESO DE CALIDAD	112
- FASE DE DISEÑO	114
- FASE DE TRANSFERENCIA DE INFORMACIÓN	114
- FASE DE FABRICACIÓN	115



- FASE DE MONTAJE	116
- FASE DE EMBALAJE	117
- FASE DE RECEPCIÓN	117
- FASE DE PUESTA A PUNTO	117
- FASE CLIENTE	118
3. CATÁLOGO DE REPUESTOS	119
4. PRESUPUESTOS	121
4.1 Presupuestos generales de fabricación	121
4.2 Presupuesto de realización del proyecto	127
CONCLUSIONES	128
BIBLIOGRAFÍA	129
ANEXOS	130
CATÁLOGO DE REPUESTOS	131



ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. MOTO GOTTLIEB	15
2. CHASIS WERNER	15
3. CHASIS SCOTT	16
4. CHASIS MARS	16
5. CHASIS BMW	17
6. CHASIS ZUNDAPP	17
7. CHASIS H.R.D.	18
8. CHASIS NORTON 1	18
9. CHASIS NORTON 2	18
10. CHASIS HONDA	19
11. CHASIS OSSA 1	19
12. CHASIS OSSA 2	19
13. CHASIS NORTON MULTITUBULAR	20
14. CHASIS KOBAS	21
15. CHASIS MONOVIGA	21
16. CHASIS DE ACERO EN HARLEY DAVIDSON	22
17. CHASIS OMEGA EN YAMAHA GTS 1000	24
18. EVOLUCIÓN DE PROTOTIPO MOTOSTUDENT 2010	26
19. CIRCUITO DE CATALUNYA	27
20. CIRCUITO DE ALBACETE	27
21. CIRCUITO DE JEREZ	29
22. CIRCUITO MOTORLAND DE ARAGÓN	29
23. CIRCUITO DE VALENCIA	30
24. CIRCUITOS DEL CMV EN LA SESIÓN DE 2010	31
25. CIRCUITOS DE MOTODES EN LA SESIÓN DE 2010	33
26. CIRCUITOS DE LA CUNA EN LA SESIÓN DE 2010	35
27. CATEGORÍAS A EVOLUCIONAR	38
28. MOTOR GAS GAS	39
29. MOTOR ROTAX 122	40
30. DATOS TÉCNICOS MOTOR ROTAX 122	40
31. MEDIDAS DEL BASCULANTE	42



32. DISEÑO DE LA MOTOCICLETA 80 cc	43
33. TIEMPOS CARACTERÍSTICOS MOTOR 2t	45
34. TIEMPOS CARACTERÍSTICOS MOTOR 4t	47
35. EVOLUCIÓN MOTOMAQLAB HACIA MOTO3	55
36. SITUACIÓN GEOGRÁFICA DE GUANGZHOU	56
37. PICK UP FABRICADA EN CHINA	57
38. MOTOCICLETA FABRICADA EN CHINA	57
39. MÁQUINA CNC	59
40. EJEMPLO FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA CNC	60
41. MÁQUINA DOBLADORA DE TUBOS	60
42. LLANTAS FABRICADAS EN DURALUMINIO	61
43. ESQUEMA DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE LLANTAS	62
44. SEPARADORES Y DISEÑO CAD	65
45. EVOLUCIÓN DE LA EFICACIA DE FRENADA	66
46. PARTES DEL FRENO DE DISCO Y PASTILLA	66
47. DISCO DE FRENO DELANTERO INSTALADO	67
48. DISCO DE FRENO MECANIZADO EN CNC	68
49. EJE DE RUEDA	68
50. CORONA DE TRANSMISIÓN INSTALADA	69
51. DETALLE DEL ACABADO DE CORONA MEDIANTE CNC	69
52. EXPLOSIONADO DE RUEDAS DELANTERA Y TRASERA	71
53. TIRANTE PINZA DE FRENO	72
54. DISEÑO FINAL DEL CHASIS 1	76
55. DISEÑO FINAL DEL CHASIS 2	76
56. DISEÑO FINAL DEL CHASIS 3	77
57. DIÁMETROS DE TUBOS DEL CHASIS	77
58. FABRICACIÓN DE UN POTRO EN LAS FÁBRICAS	78
59. PUNTOS DE ANCLAJE DEL CHASIS	79
60. PUNTOS IMPORTANTES EN LA SOLDADURA DEL CHASIS	82
61. DETALLE CALIDAD DE SOLDADURA LOGRADA EN CHINA	82
62. EJEMPLO DE SUBCHASIS	83
63. PIEZA EN ALUMINIO 6061	85
64. SOPORTE DE DIRECCIÓN	85



65. PUNTOS DE SOLDADURA Y ANCLAJE EN SOPORTE	85
66. TIJA INSTALADA 1	86
67. TIJA INSTALADA 2	86
68. TIJA MECANIZADA EN CNC	86
69. POSICIÓN DEL EJE DE DIRECCIÓN	87
70. SEMIMANILLARES EN NUESTRA MOTOCICLETA	88
71. EJEMPLO DE SEMIMANILLAR COMPLETO	88
72. COMPÁS DE DIRECCIÓN	88
73. SUSPENSIÓN DELANTERA Y TRIÁNGULOS	89
74. CASQUILLO DE CENTRADO	90
75. BALANCÍN	90
76. DETALLE DEL BASCULANTE 1	91
77. DETALLE DEL BASCULANTE 2	91
78. MANETA DE EMBRAGUE	92
79. PALANCA DE FRENO TRASERO	93
80. PALANCA DE CAMBIO	94
81. CUADRO DE SUJECCIÓN PALANCA FRENO TRASERO	94
82. CUADRO SUJECCIÓN PALANCA CAMBIO	94
83. ESTRIBERAS CNC CON DETALLE MOLETEADO	96
84. DETALLE CILINDRO DE ALUMINIO 1	96
85. DETALLE CILINDRO DE ALUMINIO 2	96
86. MEDIDAS DEL CABALLETE 1	97
87. MEDIDAS DEL CABALLETE 2	97
88. PROPIEDADES ABS	98
89. CARENADO INSTALADO	99
90. CARENADO FABRICADO POR MOLDEO POR INYECCIÓN	99
91. FORD T	101
92. SUBFSES DE FABRICACIÓN	107
93. LÍNEA DE MONTAJE	108
94. LÍNEA DE MONTAJE ADOPTADA EN GUANGZHOU	109
95. DISCIPLINA DE TRABAJO EN LA LÍNEA DE MONTAJE	109
96. OPERACIONES EN LA LÍNEA DE MONTAJE	109
97. SOPORTE CUPOLINO	110



98. DEPÓSITO	111
99. CÓDIGO IDENTIFICATORIO DE PIEZA CORRECTA	115
100. PRUEBAS REALIZADAS TRAS MONTAJE	116
101. EJEMPLO ETIQUETA CATÁLOGO	120



ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	PÁGINA
1. COMPARATIVA ENTRE NORMATIVAS DE CAMPEONATO	15
2. VENTAS PREVISTAS MOTOMAQLAB	44
3. PIEZAS DE FABRICACIÓN PROPIA	59
4. COMPOSICIÓN DEL ALUMINIO 6061	63
5. PROPIEDADES DEL ALUMINIO 6061	64
6. COMPOSICIÓN ACERO 4130 CROMO MOLIBDENO	74
7. TRATAMIENTOS TÉRMICOS ACERO 4130	74
8. PROPIEDADES ACERO 4130 CROMO MOLIBDENO	75
9. PIEZAS DE LA MOTOCICLETA	102-107
10. PRESUPUESTOS DE FABRICACIÓN	123
11. PRESUPUESTOS DE PROVEEDORES	125
12. PRESUPUESTOS DE TRANSPORTE	125
13. PRESUPUESTOS FINALES	126
14. PRESUPUESTO DE REALIZACIÓN DEL PROYECTO	127



INTRODUCCIÓN

La competición Motostudent, dentro de la cual se desarrollará este proyecto, está promovida por la fundación Moto Engineering Foundation siendo un desafío entre equipos de distintas universidades españolas, europeas y del resto del mundo. En ella se abordará el diseño e industrialización de una motocicleta de competición de 125 cc y motor de dos tiempos, en una serie anual de 500 motocicletas con un coste de 4500€ por unidad creada.

En la competición los alumnos deberán demostrar su capacidad de creación e innovación y su habilidad de aplicar directamente sus capacidades como ingenieros en comparación con otros equipos de universidades de todo el mundo.

En el siguiente documento se va a desarrollar y analizar la evolución del prototipo inicial diseñado para el concurso Motostudent hacia diferentes categorías dentro de los campeonatos de velocidad existentes en España con el fin de la ampliación de mercado. Además, se llevará a cabo un estudio de la evolución de los motores de dos tiempos a los de cuatro tiempos con vistas a la futura categoría en el Mundial de Motociclismo Moto3 que sustituirá a la actual categoría del octavo de litro, 125 cc.

Tras esto, se procederá al análisis de los procesos de fabricación empleados en la producción de nuestras motocicletas así como al estudio de la cadena de montaje mediante la cual se ensamblarán todos los elementos de la misma.

El siguiente paso será el diseño de un catálogo de repuestos que sea capaz de abastecer a los pilotos en caso de necesidades en carrera y les dé la oportunidad de evolucionar sus motocicletas a medida que reproduzcamos productos innovadores. Este catálogo se basará fundamentalmente en los contactos realizados con pilotos, en los cuales nos indicaron las piezas más demandadas en carrera a causa de caídas, rupturas o fallos mecánicos.

Para finalizar se mostrará un presupuesto general de producción de la motocicleta así como otro que especificará los costes en la redacción de este proyecto que vamos a abordar.



Una de las principales novedades en nuestro prototipo es el diseño del chasis. Por esta razón, a continuación mostraremos un repaso a la historia de los chasis.

El origen de las motocicletas que conocemos hoy en día comenzó con la incorporación de un pequeño motor de gasolina a una bicicleta, esta primera bici fue creada por el alemán Gottlieb Daimler en 1885.

Pasaría tiempo hasta que en 1901 los hermanos Werner fabricaran lo que probablemente fue la primera moto con la estructura de las actuales, que seguiría evolucionando a lo largo de la historia de la moto según veremos a continuación, mostrando los chasis más significativos.

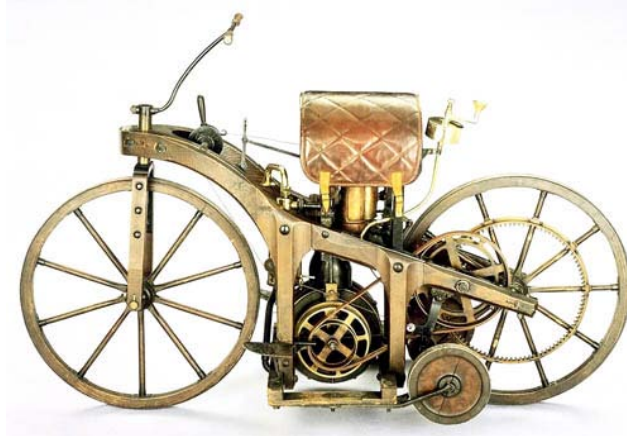


FIGURA 1. MOTO GOTTLIEB

CHASIS WERNER: chasis cuna creado en 1901 por los hermanos Werner. Como su nombre indica forma una cuna por debajo del motor hasta la pipa de dirección junto con otro pequeño chasis estilo espina central que cierra por la parte de arriba para dar mayor rigidez al conjunto. Básicamente se trata de un bastidor de bicicleta con motor en su parte inferior, adaptando una horquilla como método de dirección del vehículo.



FIGURA 2. CHASIS WERNER



CHASIS SCOTT: en el año 1909 la Scott plantea un bastidor “A” abierto por su parte superior, con suspensión delantera “B”, y en el que el motor “D” forma parte directa de la rigidez del conjunto. La rueda trasera todavía mantiene un anclaje fijo en “C”.



FIGURA 3. CHASIS SCOTT

CHASIS MARS: en 1920 la Mars aporta nuevos conceptos. Los tubos de sección cerrada se cambian por una chapa estampada que no plantea tantos problemas de uniones soldadas y dispone de una gran rigidez. En este chasis, la unión de la rueda trasera con el anclaje de la suspensión delantera es prácticamente directo, algo que sólo 60 años más tarde volvería a adquirir una gran importancia.



FIGURA 4. CHASIS MARS

CHASIS BMW: la BMW R-32 de 1923 no presenta grandes novedades con los chasis de la época, pero aprovecha el sistema de transmisión situado en la rueda trasera como elemento resistente, jugando con una gran ligereza y de nuevo utilizando un tubo de acero. De nuevo, el motor que está situado en la zona inferior confiere una gran importancia a la función resistente del chasis.





FIGURA 5. CHASIS BMW

CHASIS ZUNDAPP: Se trata de la Zundapp de 1934 que utiliza de nuevo un chasis de chapa pero con catorce años de evolución con respecto al anterior. Con el fin de reducir peso, se utiliza menos chapa utilizando nuevos procedimientos y consiguiendo una estructura más rígida.

Mantiene la línea de bastidores tubulares rodeando el motor y, aunque ya existen las suspensiones traseras, nos están del todo implantadas por lo que el bastidor llega hasta el anclaje del tren posterior.



FIGURA 6. CHASIS ZUNDAPP

CHASIS H.R.D: a finales de la década de los treinta aparece una motocicleta dotada de un nuevo bastidor, tan exclusivo como ella, la Vincent HRD Rapad de 1939. Al motor, situado bajo el chasis, se le anclaba la suspensión trasera a través de un tirante. La suspensión delantera también se ancla al motor mediante un pequeño elemento intermedio que se aloja en la parte superior. Fue un chasis revolucionario muy rígido y prácticamente el más ligero de la época.





FIGURA 7. CHASIS H.R.D.

CHASIS NORTON: uno de los bastidores más famosos de la historia es, sin duda, el que equipaba a la Norton Manx del año 1950. Este chasis hizo famosos a los hermanos McCandless. Se trata de un chasis de tubo de acero de tipo doble cuna cerrada con dos partes bien diferenciadas. Por un lado, la estructura que soporta el motor estaba formada por una doble cuna cerrada, y por otro, un subchasis posterior, que sirve de soporte para el piloto y para la amortiguación posterior, que se realiza por medio de un sistema de basculante articulador y amortiguadores.



FIGURA 8. CHASIS NORTON 1



FIGURA 9. CHASIS NORTON 2

CHASIS HONDA: este chasis vuelve a emplear el motor como un elemento estructural importante. Se trata de una honda CR72 de 1963 de competición en la que se introducen variaciones importantes. El chasis no es una estructura cerrada, sorteando por la parte superior al motor pero mantiene en su estructura tanto el anclaje de la suspensión delantera, como el de la trasera, adoptando sin variaciones las suspensiones de los últimos años en la mayoría de las motos, la horquilla delantera y el basculante trasero.



FIGURA 10. CHASIS HONDA

CHASIS OSSA: Ossa de competición de finales de los años 60 integra el depósito de gasolina en la zona media. En este caso, el material deja de ser por primera vez el acero, para ser una aleación de magnesio, un material mucho más ligero que el hierro habitual. El chasis es muy rígido al estar formado por una estructura cerrada en su mayor parte, ya que, salvo la zona de anclaje del basculante trasero, lo está por completo. Esto permite, a la vez de unas mínimas dimensiones, un peso muy liviano. Esta estructura se denomina monocasco.



FIGURA 11. CHASIS OSSA 1



FIGURA 12. CHASIS OSSA 2



CHASIS NORTON: la Norton Challenge nos muestra un chasis denominado multitubular. Se trata de una derivación de los bastidores tradicionales de tubo, pero en lugar de adoptar las clásicas estructuras de tipo de cuna, ancla el motor por la parte superior con numerosos tubos de sección recta, de modo que los tubos no trabajen a esfuerzos de flexión.

De esta forma, se aumenta de manera considerable la rigidez de la estructura, sin que ello represente un mayor peso. Esta estructura es complicada y cara, pero, hasta la llegada de los siguientes bastidores, se consideraba como la mejor para las motocicletas de altas prestaciones.



FIGURA 13. CHASIS NORTON MULTITUBULAR

CHASIS KOBAS: a principios de los años 80 Antonio Cobas y después Yamaha introducen un chasis revolucionario, tanto en concepto como en estructura: el doble viga perimetral. Un chasis que abraza al motor y lo sujeta, uniendo la tija con el eje de la suspensión trasera, existiendo un subchasis trasero para sostener el asiento. La suspensión trasera se fija al propio chasis. En este caso, con una aleación ligera se forma una estructura que une directamente la pipa de sujeción de la suspensión delantera con el eje del basculante trasero, consiguiendo una estructura muy rígida y a la vez ligera y sencilla de fabricar. Desde entonces, los bastidores han evolucionado hacia esta estructura, primero engrandando las secciones superiores de sus cunas y, finalmente, eliminando las secciones inferiores o manteniéndolas como soportes del motor únicamente.





FIGURA 14. CHASIS KOBAS

CHASIS YAMAHA: posee un bastidor de última generación que instala la tecnología llamada GTS. En este caso, al haberse obviado la clásica suspensión delantera por horquilla a favor de un nuevo sistema, el bastidor no necesita comenzar en la parte superior, y forma una estructura que abraza al motor, uniendo los puntos de anclaje de las dos suspensiones delantera y trasera, respectivamente, también mediante gruesas vigas de aleación ligera.

Una vez analizada la evolución del chasis de las motocicletas, vamos a especificar los tipos de chasis que existen.

CHASIS MONOVIGA: este chasis se caracteriza por tener una viga central de la que cuelga el motor, teniendo la cuna en la parte inferior donde se alberga el motor. Este es un tipo de chasis clásico y como tal se usa en motos donde el compromiso no es muy elevado, como las Custom, trial y las clásicas.



FIGURA 15. CHASIS MONOVIGA



CHASIS DE CUNA INTERRUMPIDA: estos chasis disponen de un diseño similar a un simple cuna o doble cuna, pero interrumpidos a la altura de los cilindros. El propio motor actúa como parte estructural, ya que une la zona frontal con la trasera, a la altura del eje del basculante.

CHASIS MONOCUNA DESDOBLADO: en este diseño, el chasis mono cuna se interrumpe a la altura del motor, normalmente a la altura del cilindro, y se desdobla en dos tubos, que continúan su sentido descendente hasta alcanzar la parte inferior del grupo motor.

CHASIS CUNA DE ACERO: es posiblemente el primer modelo de chasis usado en motocicletas, copiado directamente de las bicicletas a las que se les acoplaba en sus orígenes un pequeño motor. Estos chasis suelen ser de acero pavonado. Forma una cuna por debajo del motor hasta la pipa de dirección junto con otro pequeño chasis estilo espina central que cierra por la parte de arriba para dar mayor rigidez al conjunto. Son chasis de baja rigidez estructural por lo cual suelen ser montados en motocicletas de baja potencia, custom o que no necesiten de altas prestaciones para ser utilizadas. La marca por antonomasia es Harley Davidson.



FIGURA 16. CHASIS DE ACERO EN HARLEY DAVIDSON

CHASIS DOBLE: básicamente es un chasis de doble viga con vigas de poca sección y que se completa metiendo una doble cuna para el motor, de manera que queda dentro de una “cuna” formada por cuatro vigas.



CHASIS DOBLE VIGA DE ALUMINIO: chasis de última generación en las motocicletas deportivas, introducido y diseñado por Suzuki para sus modelos GSX. Supuso toda una novedad en el mercado. Consta de un casco de dos largueros de aluminio que pueden ser soldados o en una sola pieza (monocasco) que abrazan literalmente al motor, estos chasis son extremadamente ligeros y rígidos llegando al extremo de deportividad en la competición donde estos chasis pasan a convertirse en auténticas piezas de orfebrería con una soldadura limpia y mimada. Hoy en día la mayoría de motos deportivas o de altas prestaciones utilizan este sistema de chasis, siendo la excepción modelos de gran turismo que disparan sus precios en complejidad.

CHASIS DOBLE VIGA PERIMETRAL: es un clásico en la concepción de motos modernas, fabricado básicamente en dos vigas que soportan al motor en una configuración mucho más rígida que en el chasis mono viga. Es muy utilizado en competición.

CHASIS RÍGIDO: se trata de uno de los chasis menos extendidos, peligrosos e incómodos de pilotar. Son propios de preparaciones custom y HD para exposiciones. Es básicamente un chasis de doble cuna sin ningún tipo de amortiguación donde el tren delantero y trasero son parte del mismo.

CHASIS AUTOPORTANTE: es un conjunto de subchasis adheridos o soldados al motor que hace las veces de chasis. Es el tipo de chasis utilizado por BMW. Al no disponer de un chasis en sí el motor necesita ser reforzado para aguantar la rigidez del conjunto y asegurar unas garantías de seguridad redundando en un mayor peso estructural. El inconveniente que provocaba es el peso añadido por los refuerzos estructurales que tenía.

CHASIS DE ESPINA CENTRAL: este chasis es especialmente utilizado en Scooters de todas las cilindradas y en algún que otro modelo de moto aislado destaca por su sencillez de fabricación ya que literalmente es una viga de acero que recorre la moto longitudinalmente desde la pipa de dirección hasta el colín. Su extrema sencillez obliga a que la moto necesite más grosor en esta espina para aumentar su rigidez.



CHASIS TUBULAR: se dice del tipo de chasis basado en la soldadura o unión con pegamentos de alta resistencia de tubos de acero o aluminio que forman una red de largueros y travesaños alrededor del motor de la moto. Las ventajas de este chasis son, una extraordinaria rigidez con un bajo índice de peso en función del material que empleemos ya sea acero al cromo molibdeno o aluminio. La mítica Ducati siempre se ha distinguido por el uso de excelentes chasis tubulares.

CHASIS OMEGA: diseñado por Yamaha para un modelo determinado que prácticamente fue pionero, la GTS1000 tenía esta forma para ser acoplada a las suspensiones mono brazo delante y detrás.



FIGURA 17. CHASIS OMEGA EN YAMAHA GTS 1000

CHASIS DELTABOX: se trata de otro tipo de chasis desarrollado igualmente por Yamaha y que está formado básicamente por una doble viga perimetral con 4 anclajes sólidos a la base del motor. Fue el primer chasis famoso por su nombre en los años 80.



OBJETIVOS

Los objetivos fundamentales del proyecto son los siguientes:

- Buscar la ampliación de mercado de nuestra motocicleta de 125 cc.
- Estudiar los procesos empleados en la elaboración de piezas claves en la motocicleta.
- Definir una línea de montaje que aproveche todos nuestros recursos y reduzca al máximo tiempos de espera y costes en la producción.
- Elaborar un catálogo de repuestos disponible para clientes no necesariamente poseedores de nuestras motocicletas.
- Estudio de los presupuestos finales de producción de nuestras motocicletas asegurando su ajuste a los 4500 € por motocicleta establecido en las bases del concurso Motostudent y en una serie de 500 unidades.



EVOLUCIÓN Y ESTUDIO DE LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN DEL PROTOTIPO MOTOSTUDENT 2010

1. EVOLUCIÓN DE PROTOTIPO MOTOSTUDENT 2010

Con el fin de hacer viable la comercialización de las motocicletas exigidas a producción, se va a estudiar la posibilidad de evolucionar nuestro diseño a diferentes categorías.

Como primer paso se contemplará la adaptación a categorías compatibles con nuestro motor mono-cilíndrico de dos tiempos, como podrían ser 80 cc y 125 PRE-GP. Este estudio se basará en lo dictado por la Real Federación Motociclista Española (RFME) y en los diferentes campeonatos que ella engloba.

Tras esto, y con vistas a medio plazo, se analizarán las similitudes y diferencias entre un motor de dos tiempos y uno de cuatro tiempos para la posible evolución de nuestra motocicleta a cuatro tiempos y así acogerse a la normativa de la futura categoría “MOTO 3” dentro del Campeonato del Mundo de Motociclismo.



FIGURA 18. EVOLUCIÓN DE PROTOTIPO MOTOSTUDENT 2010

1.2 Adaptación a categorías “dos tiempos (2t)”

Una de las vías tomadas en el desarrollo de la motocicleta es la adaptabilidad de la misma a los diferentes campeonatos de velocidad a nivel nacional.

Comenzaremos detallando los diferentes campeonatos para así poder decidir la viabilidad de la idea.

1.2.1 CAMPEONATO DE ESPAÑA DE VELOCIDAD (CEV)



El campeonato de España de Velocidad es considerado como el más importante de entre todos los campeonatos de velocidad españoles, gracias a que en 1998, La Real Federación Motociclista Española y Dorna (el promotor del Campeonato), con el apoyo del Consejo Superior de Deportes (CSD), pusieron en marcha una nueva estructura para el CEV.

Con esta reforma se buscaba favorecer la aparición de nuevos talentos que en un corto período de tiempo pudieran dar el salto al Campeonato del Mundo de MOTO GP.

Cabe destacar que pilotos ya hoy consagrados como Toni Elías, Dani Pedrosa o Jorge Lorenzo, comenzaron su carrera deportiva en este Campeonato.

Para el año 2010 se han establecido las siguientes categorías: 125GP, Moto2 y Stock Extreme. De esta manera, el CEV cuenta con dos de las categorías que participan en los Grandes Premios, teniendo así los participantes más posibilidades para su acceso a los Campeonatos del Mundo de MotoGP.

Los circuitos que acogerán las diferentes carreras en el presente año 2010 son los siguientes:

**** Entre paréntesis aparecerá la fecha de disputa de cada carrera.**



Circuit de Catlaunya (18/04/2010)

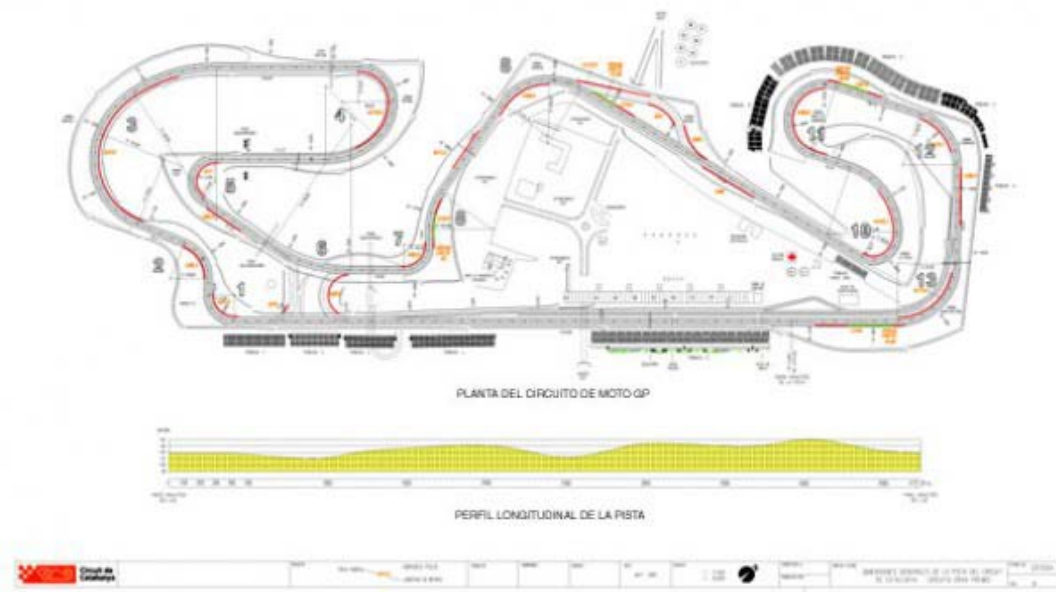


FIGURA 19. CIRCUITO DE CATALUNYA

Circuito de Albacete (09/05/2010 y 12/09/2010)

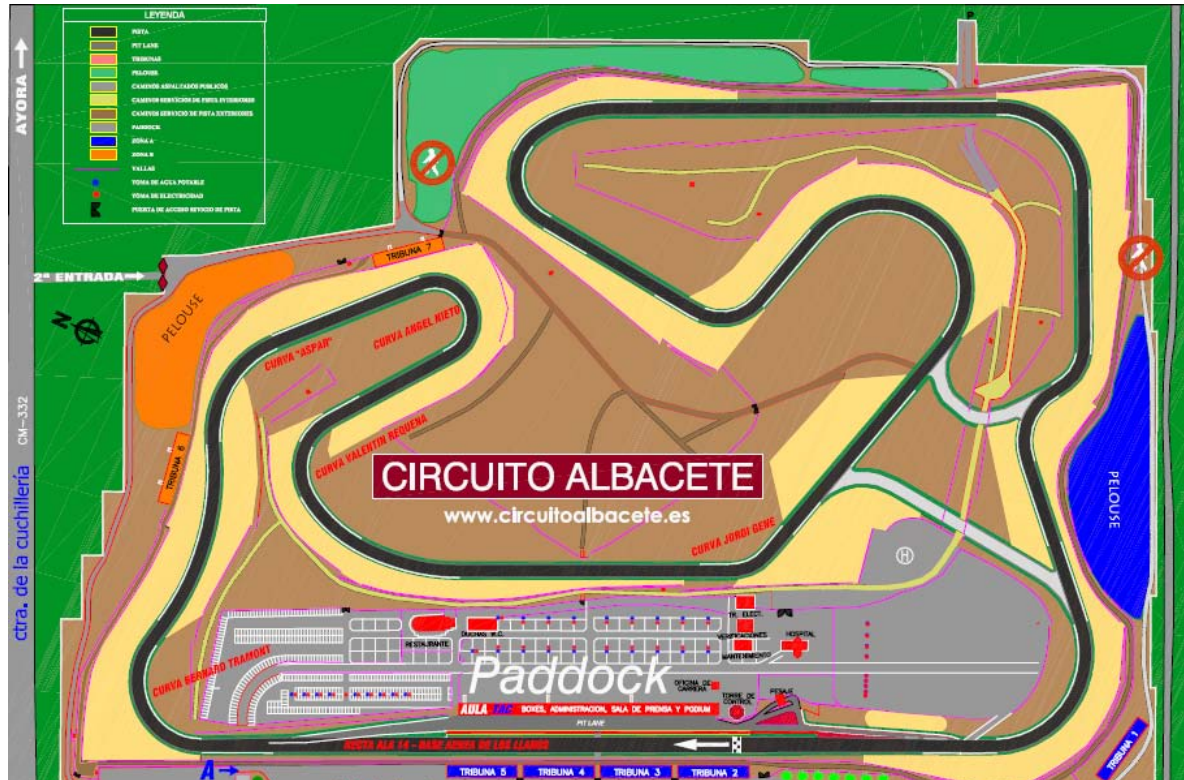


FIGURA 20. CIRCUITO DE ALBACETE

Circuito de Jerez (13/06/2010 y 21/11/2010)



FIGURA 21. CIRCUITO DE JEREZ

Circuito de Aragón (11/07/2010)

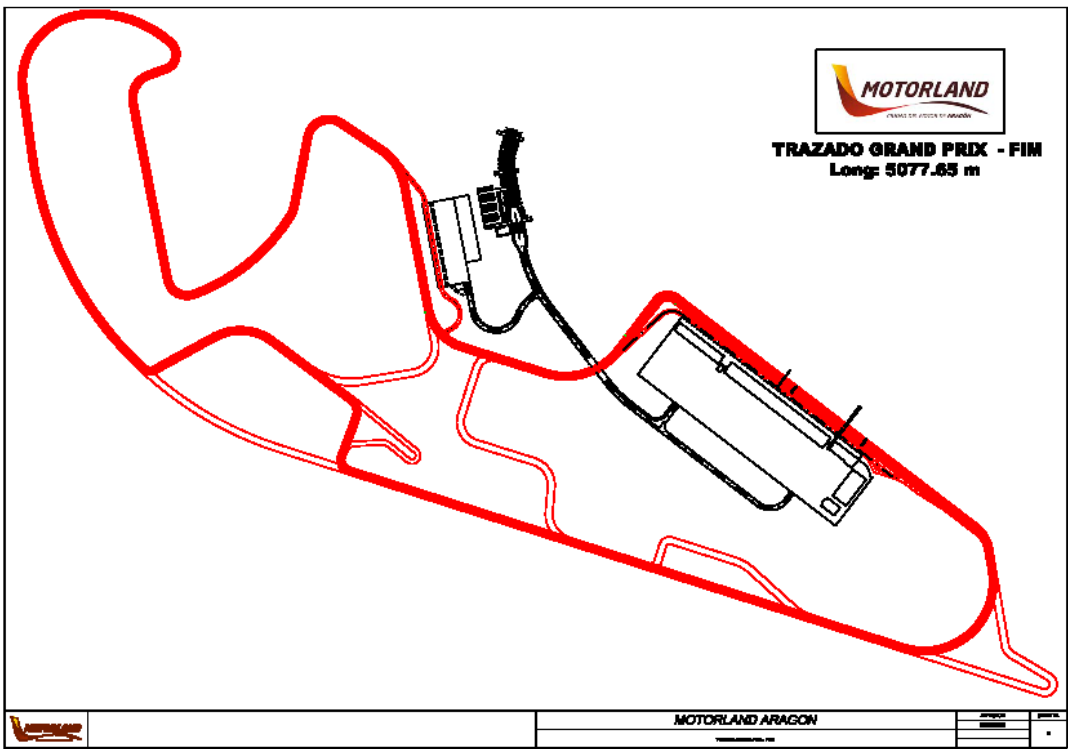


FIGURA 22. CIRCUITO MOTORLAND DE ARAGÓN

Circuito de Valencia (14/11/2010)

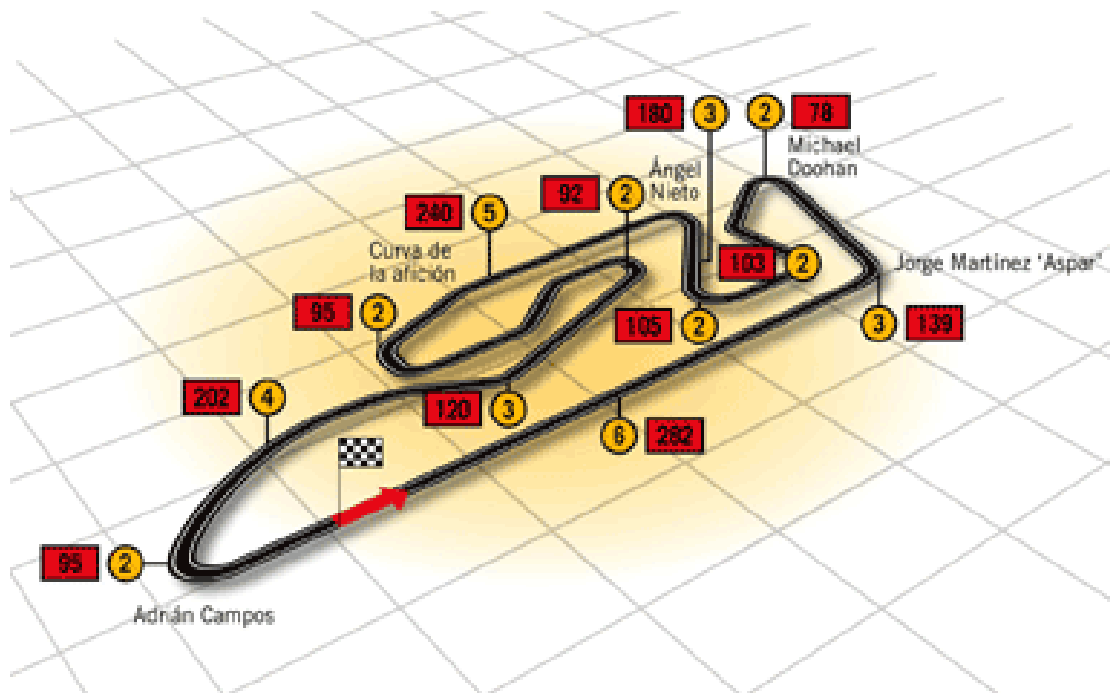


FIGURA 23. CIRCUITO DE VALENCIA

Para poder justificar el desarrollo de nuestras motocicletas hacia la participación en el CEV, se deberá realizar una comparativa fundada y tomar una decisión adecuada.

Para ello, nos basaremos en el Reglamento Técnico de la RFME para el Campeonato de España de Velocidad en la categoría 125 GP y en la sesión de 2010 que se presenta en el siguiente enlace:

http://www.cevbuckler.com/es/reglamento_pdf.htm?archivo_pdf=http://www.cevbuckler.com/reglamento_2009/2010125GPtecSPA.pdf



1.1.2 CAMPEONATO MEDITERRÁNEO DE VELOCIDAD (CMV)



Gracias al éxito conseguido durante tres años y con más de 300 pilotos por competición, la RFME y las federaciones Catalana y Valenciana han creado un campeonato de ámbito nacional, el CAMPEONATO MEDITERRANEO DE VELOCIDAD ó “CMV”. En él, se disputan 6 categorías siendo el trampolín ideal para las jóvenes promesas del motociclismo tanto Nacional como Internacional.

El gran nivel de participación y competitividad, ha llegado a tal nivel que equipos consagrados del Campeonato de España, están presentes con jóvenes pilotos.

Dentro de las categorías participantes en el CMV, incidiremos en aquellas concernientes a nuestro estudio, que son Challenge 80 cc y 125 cc PRE GP.

Los circuitos elegidos para la temporada 2010 son los siguientes:



FIGURA 24. CIRCUITOS DEL CMV EN LA SESIÓN DE 2010

Las respectivas fechas de celebración de las pruebas del CMV son las siguientes:

Circuit de Catalunya: 20 de Junio de 2010

Circuit de Castelloli: 08 de Agosto de 2010

Circuito de Parcmotor: 05 de Septiembre de 2010

Circuito de Albacete: 17 de Octubre de 2010

Circuito de la C. Valenciana: 28 de Noviembre de 2010

Igual que en el caso del Campeonato de España de Velocidad (CEV), nos vamos a basar en el Reglamento Oficial del Campeonato Mediterráneo de Velocidad para las dos categorías a estudio (Challenge 80 cc y 125 cc PRE-GP). Dicho Reglamento se puede encontrar en los enlaces:

- <http://www.motocmv.com/reglamentos2010/2010ReglamentoHomologacionChallenge80.pdf>
- <http://www.motocmv.com/reglamentos2010/2010ReglamentoMetrakitPre-125.pdf>

1.1.3 CAMPEONATO DE VELOCIDAD MOTODES



El Campeonato de Motodes nació con el espíritu de crear una competición asequible para todos los participantes y para facilitarles la entrada a carreras de velocidad del más alto nivel, dado que los pilotos son los motores de este deporte.

Las categorías presentes en Motodes están compuestas de subcategorías aportan al Campeonato una mayor diversidad de pilotos y un mayor espectáculo. Éstas son: 80cc (Challenge y XL Pro), 125cc (250 4T y PRE GP), 600cc (Series y SSP), 1000cc (Series y Extreme), Michelin (600cc y 1000cc) y Cuna (PRE GP y EVO).



De entre todas estas, enfocaremos nuestro estudio en 80 cc, con sus dos modalidades (Challenge y XL Pro) y en 125cc PRE GP.

En la temporada 2010 los trazados que van a albergar las carreras son Albacete (25/04), Cheste (16/05 y 05/12), Cartagena (04/07) y Motorland Aragón (26/09).



FIGURA 25. CIRCUITOS DE MOTODES EN LA SESIÓN DE 2010

Las normativas exigidas para la participación en los campeonatos anteriormente mencionados, se adjuntan en los links:

- <http://www.motodes.es/images/image/reglamentos/TECNICO%20CHALLENGE%2080.pdf>
- <http://www.motodes.es/images/image/reglamentos/TECNICO%2080%20XL-PRO.pdf>
- <http://www.motodes.es/images/image/reglamentos/TECNICO%20PRE-GP%20125.pdf>



1.1.4 CUNA DE CAMPEONES BANCAJA 2010



El Campeonato Cuna de Campeones Bancaja nació para amantes de la velocidad comprendidos entre las edades de 7 y 17 años. Se trata de un Campeonato Nacional que consta de cinco pruebas a dos mangas en los mejores circuitos de España para las categorías 125 cc PRE GP y EVO 125 cc y de seis pruebas a dos mangas en los circuitos de karting de la Comunidad Valenciana para las categorías de Minimotos y MiniGp 4T.

Es un Campeonato organizado por el Circuit de la Comunidad Valenciana Ricardo Tormo con un único objetivo, formar y promocionar a los futuros campeones del motociclismo mundial.

Para nuestro estudio nos centraremos en la categoría 125cc PRE GP, cuya normativa la podremos encontrar en el siguiente link:

- http://www.circuitvalencia.com/userfiles/microweb/cuna2010/docs/Cuna_Campeones_2010_Reglamentos_Generales_PreGP_y_EVO.pdf

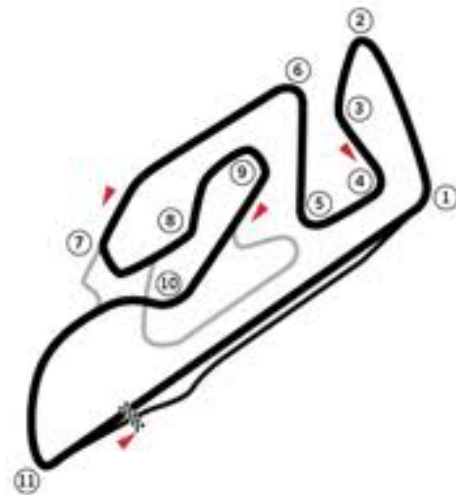
, siendo los circuitos elegidos para la sesión de 2010 los siguientes.



Circuito de Albacete (24/25 Abril)



Circuit de Valencia (15/16 Mayo)



Circuito de Jerez (4/5 Septiembre)



Circuito de Alcañiz (25/26 Septiembre)



FIGURA 26. CIRCUITOS DE LA CUNA DE CAMPEONES EN LA SESIÓN DE 2010

Como colofón a la Cuna de Campeones 2010 se celebrará la última prueba los días 6 y 7 de Noviembre de nuevo en el Circuito Ricardo Tormo de Valencia.

Una vez detallados todos los Campeonatos de Velocidad a nivel Nacional y estudiados los reglamentos de cada uno de ellos, procedemos a mostrar una tabla comparativa entre las exigencias mínimas para la participación en los Campeonatos y nuestra motocicleta de serie.



											NEUMÁTICOS Y LLANTAS		Embra. y cambio	Dist. ejes	Alto x Ancho
CAMPEONATO	CATEGORIA	Tipo Motor	Pot.	Peso ¹	Vegija de Carburante	Puño gas	Manillar	Frenos	Escape	Protector Cadena	Delantera	Trasera			
	125 cc PRE GP	125 cc 2t 6 veloc.	30 CV	136 (M+P) ²	Obligatorio o SPCF ³	Cerrado aut.	450mm	No de FC	No+alto rueda	Obligado	2,5" anchura max (16" a 18")	3,5" anchura maxima	Mecán.	-	-
	Challenge 80 cc	80 cc 2t 6 veloc.	16-22 CV	118 (>70 M)	Obligatorio o SPCF ³	Cerrado aut.	450mm	No de FC	No+alto rueda	Obligado	Llanta 17" neumáticos libres	Llanta 17" neumáticos libres	Mecán.	-	-
	125 cc PRE GP	125 cc 2t 6 veloc.	30 CV	128 (>80 M)	Obligatorio o SPCF ³	Cerrado aut.	450mm	No de FC	No+alto rueda	Obligado	Llanta 17" neumáticos libres	Llanta 17" neumáticos libres	Mecán.	-	-
	125 cc PRE GP	125 cc 2t 6 veloc.	30 CV	128 (>80 M)	Obligatorio o SPCF ³	Cerrado aut.	450mm	No de FC	No+alto rueda	Obligado	BRIDG_slick 90/580-R17 2,75" por 17"	BRIDG_slick 120/600-R17 3,5" por 17"		1220	740x438
	Challenge 80 cc	80 cc 2t 6 veloc.	16-22 CV	118 (>70 M)	Obligatorio o SPCF ³	Cerrado aut.	450mm	No de FC	No+alto rueda	Obligado	Llanta 17" neumaticos libres	Llanta 17" neumaticos libres	Mecán.	-	-
	80 cc XL PRO	80 cc 2t/4t 6 veloc.	< 22 CV	118 (>70 M)	Obligatorio o SPCF ³	Cerrado aut.	450mm	No de FC	No+alto rueda	Obligado	2,5" anchura maxima (16" a 18")	3,5" anchura maxima	Mecán.	-	-
	125 cc PRE GP	125 cc 2t 6 veloc.	22-31 CV	128 (>80 M)	Obligatorio o SPCF ³	Cerrado aut.	450mm	No de FC	No+alto rueda	Obligado	Llanta 17" neumaticos libres	Llanta 17" neumaticos libres	Mecán.	-	-
	125 cc	125 cc 2t 6 veloc.	30 CV		Incluida	Cerrado aut.			Cumplido	Incluido	Adaptable	Adaptable	Mecán.	1220	800x450

¹Puede usarse lastre para llegar al peso mínimo

²Moto y Piloto

³Sistema de protección Contra Fuego

TABLA 1. COMPARATIVA ENTRE NORMATIVAS DE CAMPEONATOS

Una vez realizada la comparativa se puede comprobar que los cambios que deberían realizarse a la motocicleta inicial para adaptarse a las normativas de las diferentes categorías especificadas no supondrían un excesivo problema.

80 CHALLENGE
XL PRO



125 PRE GP

FIGURA 27. CATEGORÍAS A EVOLUCIONAR

El motor elegido para nuestra motocicleta en serie será un ROTAX 122 de 22kW de potencia.

Para el concurso Motostudent 2010 se ha proporcionado un motor GAS GAS de 125 cc con las siguientes características:

CILINDRADA___124'58cc

NÚMERO DE CILINDROS___1

DIÁMETRO DEL CILINDRO___53'95 mm

CARRERA___54'5 mm

POTENCIA__29CV

REFRIGERACIÓN POR AGUA



FIGURA 28. MOTOR GAS GAS

Las razones de la sustitución del motor proporcionado por el ROTAX 122 son un menor riesgo de transmisión de vibraciones, una amplia posibilidad de evolución, la disponibilidad de un motor comúnmente conocido y ampliamente valorado en el entorno de la competición y malas experiencias previas en competición con el motor suministrado por la competición.

En la competición es un requisito fundamental la fiabilidad y las características mecánicas de los prototipos. Por ello se ha escogido un motor consolidado en el motociclismo para abrirnos mercado en los campeonatos nacionales en un primer nivel y más tarde en los mundiales de motociclismo.



El principal cambio al que nos enfrentamos es sustituir nuestro motor actual de 125 centímetros cúbicos y dos tiempos por uno de 80 cc y dos tiempos para los casos requeridos.

Nuestro motor inicial es un ROTAX 122 con capacidad de dar hasta 22 kW de potencia, lo que supondrá unos 29,5 Caballos de Vapor (CV) y que mostramos a continuación:



FIGURA 29. MOTOR ROTAX 122

Technical data

Engine type	1 2 2	Transmission ratio-STRADA	1 st gear: 30/10 = 3,000
Engine design	2 stroke, reed-valve inlet		2 nd gear: 29/14 = 2,071
Bore/stroke	54 mm / 54,5 mm		3 rd gear: 27/17 = 1,588
Displacement	124,8 ccm		4 th gear: 25/19 = 1,316
Compression	12,5 ± 0,5 / possible deviation on regional curbed engine version		5 th gear: 24/21 = 1,143
Squish gap	1,5 mm		6 th gear: 23/22 = 1,045
Idling r.p.m.	1200 r.p.m.	Transmission ratio-CUSTOM/RX	1 st gear: 30/10 = 3,000
Max. allowed r.p.m.	12 000 r.p.m.		2 nd gear: 29/14 = 2,071
Fuel	Premium gasoline, unleaded RON _{min} = 95		3 rd gear: 27/17 = 1,588
Engine lubrication	oil injection, super 2 stroke oil		4 th gear: 25/19 = 1,316
Gear lubrication	Splash lubrication/ oil SAE 30		5 th gear: 23/21 = 1,095
Gear box, oil capacity	600 ccm		6 th gear: 21/22 = 0,955
Cooling system	Water cooled, integrated water pump, closed cooling circuit	Ignition unit	Breakerless capacitor discharge ignition unit with electronic ignition timing
Cooling float rate	20 l/min. at 10 000 r.p.m.	Spark plug	NGK BR 10 EG
Thermostat	Opening temp.at 70°C	Electrode gap	0,7 mm
Primary drive ratio	63/19 = 3,316	Dimension of chain	5/8" x 1/4" x 10,14mm
		Starter	STRADA/CUSTOM: E-Starter RX: kickstart
		Weight	approx. 24 kg

FIGURA 30. DATOS TÉCNICOS MOTOR ROTAX 122



Sus principales características técnicas son las siguientes:

CILINDRADA___124'8cc

NÚMERO DE CILINDROS___1

DIÁMETRO DEL CILINDRO___54 mm

CARRERA___54'5 mm

POTENCIA___22kW ó 29'5CV

PESO___24 kg

RELACIÓN DE COMPRESIÓN___12'5 0'5:1

REFRIGERACIÓN POR AGUA

CILINDRO DE AI CON RECUBRIMIENTO NIKASIL EN LAS CAMISAS

- Evolución Motocicleta 80 cc (Challenge y XL PRO)

Para adecuar nuestra motocicleta a las categorías Challenge y XL PRO en la cilindrada de 80 cc, debemos básicamente realizar las siguientes operaciones:

1. Instalar el nuevo motor de 80 cc. Nuestro nuevo motor para estas motocicletas es un Minarelli am6 con la siguiente ficha técnica:

CILINDRADA___79cc

NÚMERO DE CILINDROS___1

DIÁMETRO DEL CILINDRO___39 mm

CARRERA___40'3 mm

POTENCIA___16kW ó 22CV

PESO___20 kg

REFRIGERACIÓN POR AGUA



2. Variar las dimensiones del basculante original, consiguiéndose así reducir el peso y las dimensiones de la motocicleta (disminuir la distancia entre ejes) para adecuarlas al tamaño de los pilotos que las conducirán y acogerse a los pesos dictados por las normativas de los diferentes campeonatos en esta cilindrada.

Nuestro basculante original, que más adelante en el apartado de los procesos de fabricación será descrito, posee las siguientes dimensiones:



FIGURA 31. MEDIDAS DEL BASCULANTE

Las nuevas cotas de nuestro basculante serán 350 mm de largo, 270 mm de ancho y 210 mm desde el punto inferior al superior.

3. Se deben ajustar los neumáticos exigidos por cada competición sin necesidad de variar ningún otro componente estructural de la motocicleta, pues en todas las competiciones estudiadas se exigen neumáticos en un rango de 16 a 18 pulgadas.

4. Instalar los diferentes repuestos que cada cliente (piloto) adquiera por su mayor adaptabilidad a ellos como puedan ser manetas, estriberas, palancas de freno y cambio, etc. Todos estos repuestos se encuentran recogidos en nuestro catálogo ubicado en su correspondiente apartado en este proyecto.



Nuestro nuevo diseño para 80 cc tendrá la siguiente forma:

DIAGRAM 1

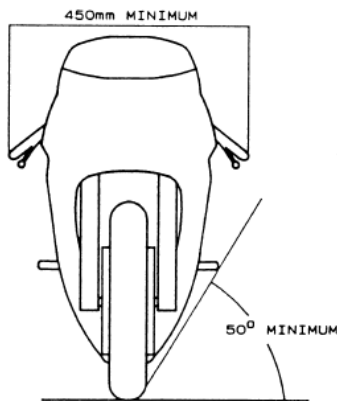


DIAGRAM 2

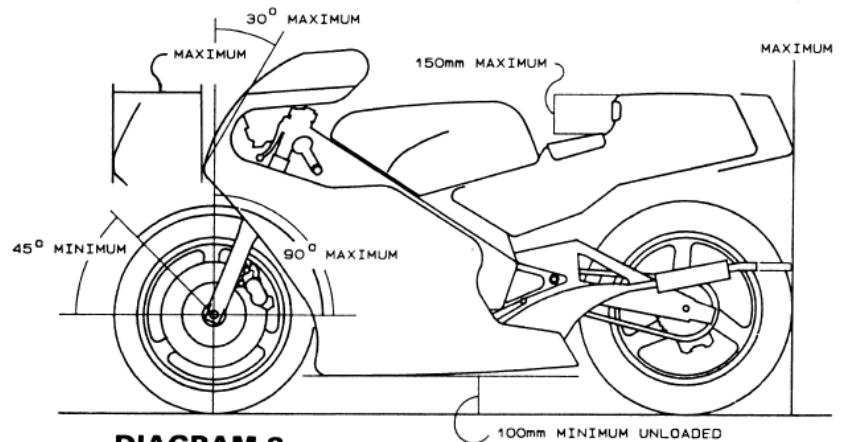


DIAGRAM 3

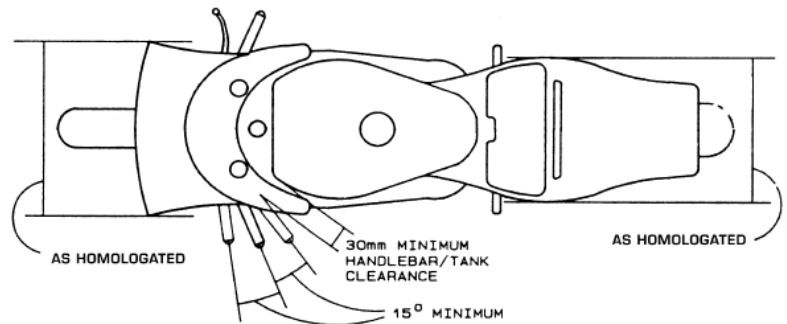


FIGURA 32. DISEÑO DE LA MOTOCICLETA 80 cc

- Evolución motocicleta 125 PRE GP

Para esta competición nuestro producto inicial no deberá tener muchas modificaciones puesto que se adecúa casi al completo a las regulaciones. Los pasos a seguir para la puesta en marcha en esta categoría son básicamente:

1. Ajustar los neumáticos exigidos por cada competición sin necesidad de variar ningún componente estructural de la motocicleta, pues en todas las competiciones estudiadas se exigen neumáticos en un rango de 16 a 18 pulgadas.
2. Instalar los diferentes repuestos que cada piloto adquiera y que están recogidos en el catálogo.



Con todas estas modificaciones y basándonos en un estudio realizado sobre las diferentes casas proveedoras de motocicletas para los Campeonatos desarrollados, estimamos una previsión de ventas de:

	METRAKIT	MIR RACING	APRILIA	CONTI	HONDA	SEEL	DERBI	KTM
CEV			23		10	2		3
MOTODES	15	6		2				
CMV 2010	25							
CMV 2009 PRE GP	25	8	16	1	17	1		1

TABLA 2. VENTAS PREVISTAS MOTOMAQLAB

Previsión de Ventas de nuestra motocicleta Maqlab UC3M: 50 motocicletas.

1.2 Evolución a motor de “cuatro tiempos (4t)”

Antes de plantear la posible evolución de nuestro motor 2 tiempos (ROTAX 122) a un motor de 4 tiempos con las modificaciones en las dimensiones de la motocicleta (chasis, suspensiones, etc.) que ello conlleva, vamos a detallar las características técnicas y de funcionamiento de los diferentes tipos de motor.

1.2.1 MOTOR DE 2 TIEMPOS

El motor de dos tiempos, también denominado motor de dos ciclos, es un motor de combustión interna que realiza las cuatro etapas del ciclo termodinámico (admisión, compresión, expansión y escape) en dos movimientos lineales del pistón (una vuelta del cigüeñal). Se diferencia del más conocido y frecuente motor de cuatro tiempos de ciclo de Otto, en que éste último realiza las cuatro etapas en dos revoluciones del cigüeñal. Existe tanto en ciclo Otto (gasolina) como en ciclo Diesel.

Los tiempos característicos de este motor son:



Admisión-Compresión

El pistón se desplaza hacia arriba desde su punto muerto inferior, en su recorrido deja abierta la lumbrera de admisión. Mientras la cara superior del pistón realiza la compresión en el cilindro, la cara inferior succiona la mezcla de aire y combustible a través de la lumbrera. Para que esta operación sea posible el cárter tiene que estar sellado. Es posible que el pistón se deteriore y la culata se mantenga estable en los procesos de combustión.

Explosión-Escape

Al llegar el pistón a su punto muerto superior se finaliza la compresión y se provoca la combustión de la mezcla gracias a una chispa eléctrica producida por la bujía. La expansión de los gases de combustión impulsan con fuerza el pistón que transmite su movimiento al cigüeñal a través de la biela.

En su recorrido descendente el pistón abre la lumbrera de escape para que puedan salir los gases de combustión y la lumbrera de transferencia por la que la mezcla de aire-combustible pasa del cárter al cilindro. Cuando el pistón alcanza el punto inferior empieza a ascender de nuevo, se cierra la lumbrera de transferencia y comienza un nuevo ciclo.

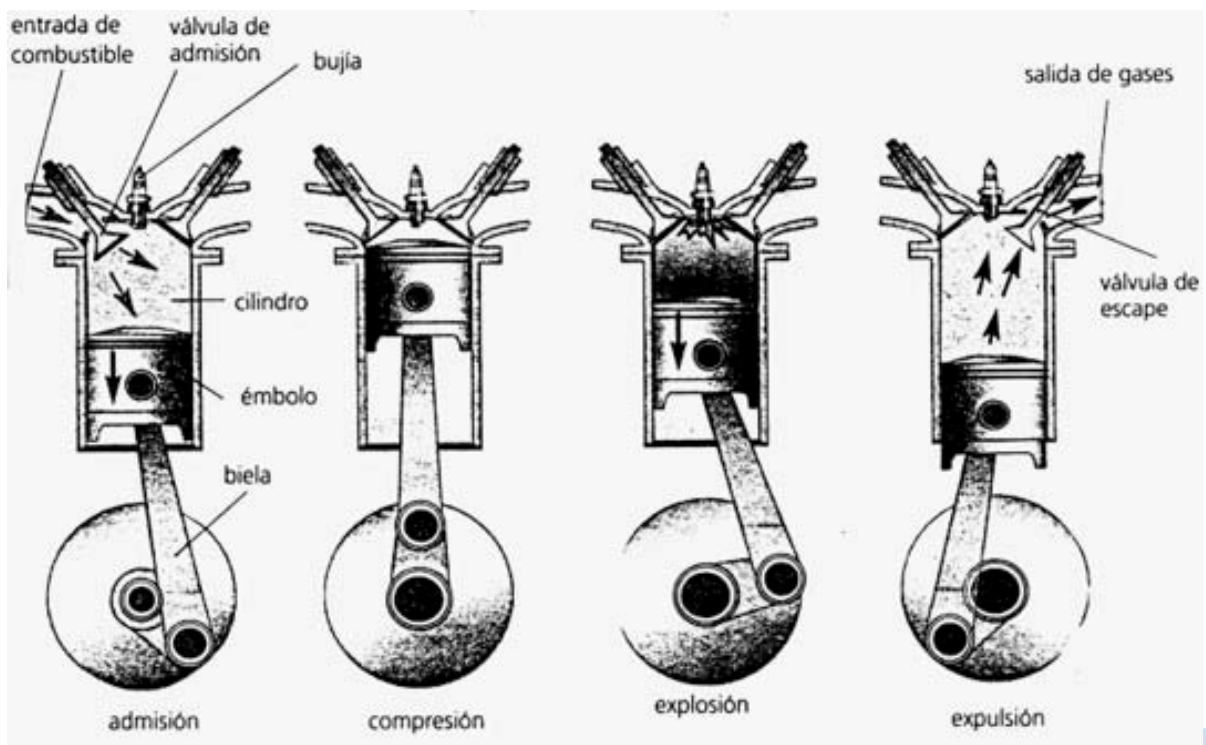


FIGURA 33. TIEMPOS CARACTERÍSTICOS MOTOR 2t

1.2.2 MOTOR DE 4 TIEMPOS

Un motor de cuatro tiempos es aquel motor de combustión interna alternativo (tanto de ciclo Otto como Diesel) que precisa cuatro carreras del pistón, es decir, dos vueltas completas del cigüeñal, para completar el ciclo termodinámico de combustión.

Estos cuatro tiempos son los explicados a continuación:

Admisión

En esta fase el descenso del pistón aspira la mezcla aire combustible o el aire en motores de encendido por compresión. La válvula de escape permanece cerrada, mientras que la de admisión está abierta. En el primer tiempo el cigüeñal gira 180° y el árbol de levas da 90° y la válvula de admisión se encuentra abierta y su carrera es descendente.

Compresión

Al llegar al final de carrera inferior, la válvula de admisión se cierra, comprimiéndose el gas contenido en la cámara por el ascenso del pistón. En el 2º tiempo el cigüeñal da 360° y el árbol de levas da 180° , y además ambas válvulas se encuentran cerradas y su carrera es ascendente.

Explosión/Expansión

Al llegar al final de la carrera superior el gas ha alcanzado la presión máxima. En los motores de encendido provocado o de ciclo Otto salta la chispa en la bujía, provocando la inflamación de la mezcla, mientras que en los motores Diesel, se inyecta a través del inyector el combustible muy pulverizado, que se auto inflama por la presión y temperatura existentes en el interior del cilindro. En ambos casos, una vez iniciada la combustión, esta progresa rápidamente incrementando la temperatura y la presión en el interior del cilindro y expandiendo los gases que empujan el pistón. Esta es la única fase en la que se obtiene trabajo. En este tiempo el cigüeñal gira 180° y mientras que el árbol de levas gira, ambas válvulas se encuentran cerradas y su carrera es descendente.



Escape

En esta fase el pistón empuja, en su movimiento ascendente, los gases de la combustión que salen a través de la válvula de escape que permanece abierta. Al llegar al punto máximo de carrera superior, se cierra la válvula de escape y se abre la de admisión, reiniciándose el ciclo. En este tiempo el cigüeñal gira 180° y el árbol de 90°.

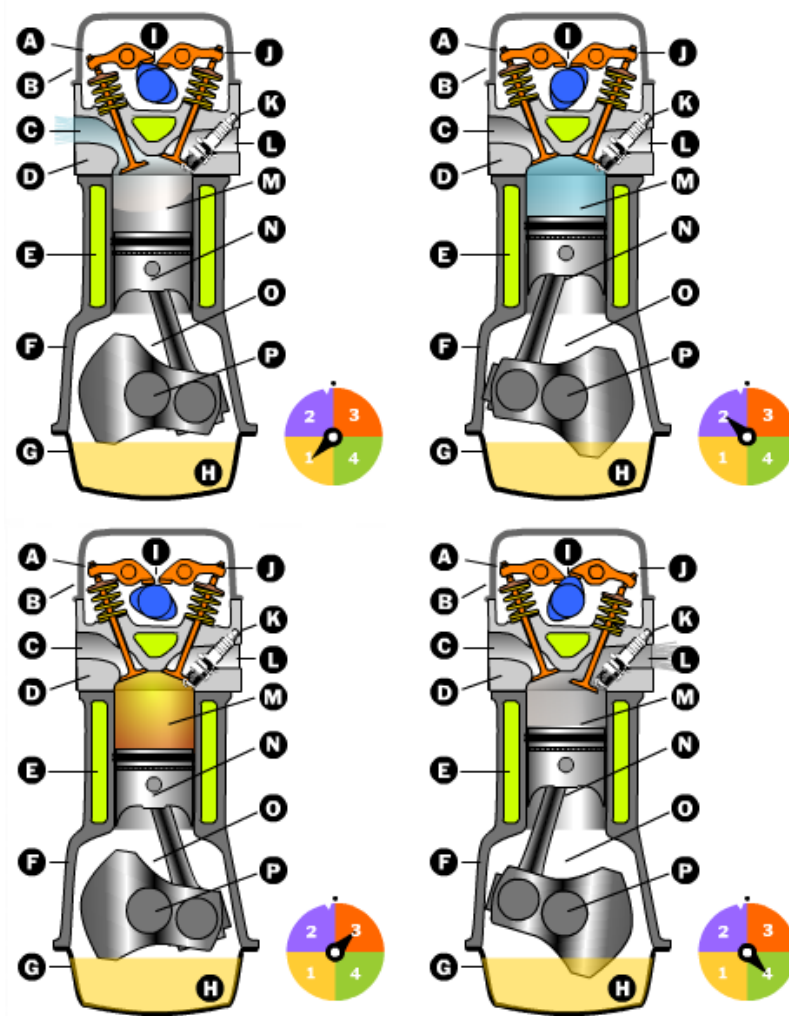


FIGURA 34. TIEMPOS CARACTERÍSTICOS MOTOR 4t

A: Balancín de válvula; B: Tapa de válvulas; C: Pasaje de admisión; D: Culata de cilindros; E: Cámara de refrigeración; F: Bloque motor; G: Cáster motor; H: Lubricante; I: Eje de levas; J: Regulador de válvula; K: Bujía de encendido; L: Pasaje de escape; M: Pistón; N: Biela; O: Puño de biela; P: Cigüeñal.

1.2.3 EVOLUCIÓN DE LOS MOTORES 2t A 4t

Nuestro prototipo se ha creado en base a los requerimientos técnicos de la competición MOTOSTUDENT. El motor que la organización ha facilitado es un GAS GAS de 2t de cilindrada 125cc. En la fase que estamos analizando, la correspondiente a la comercialización del prototipo, se ha considerado que el motor que mejor cumple con los requerimientos de velocidad, potencia y fidelidad es el ROTAX 122 mencionado con anterioridad.

La viabilidad futura de los motores 2t en competición es escasa. Para prueba de ello, se hace notar la modificación de la categoría de 125 cc del mundial de motociclismo, que pasará de tener motores 125 2t, a la categoría MOTO 3, con motores de 4t.

A continuación se incluye uno de los múltiples artículos de prensa que comentan esta situación:

“Se acabaron los motores de 2T en la alta competición, primero le tocó el turno a 250cc y ahora a 125cc. Pero no sólo llegan novedades para la peque del campeonato, MotoGP también aplica sus nuevas modificaciones ese mismo año, aunque ya lo conocíamos.

Siendo realista cuando 250cc quedo destronada por la actual Moto2, pensé en un primer momento que se acababa la emoción en la carreras, pero tenemos que reconocer que es una inesperada categoría con un alto nivel de disputa, dada la igualdad de los motores y donde las diferencias vienen marcadas mucho más por la calidad de los pilotos, lo que está dando como resultado una carreras emocionantes”.

Las limitaciones que impondrá la nueva categoría MOTO 3, cuya implantación en el Mundial de Motociclismo está prevista para el año 2012 son:

- Motores de 250 cc 4 tiempos y monocilíndricos.
- Duración del motor de 3 carreras y un coste no superior a 10.000 euros (aún por determinar).
- Los fabricantes deberán comprometerse al suministro de motores.



A continuación detallamos una comparativa entre las dos clases de motores.

Comparativa 2t - 4t

Es difícil establecer una comparación general entre los motores de cuatro tiempos y los de dos tiempos pues tanto en aquellos como en éstos hay verdaderos diseños de motores de una perfección técnica elevada y sin embargo otros no tan bien logrados, por lo tanto de una ejecución técnica y diseño muy discutibles.

En general, los partidarios de los motores de cuatro tiempos, cuando hacen sus comparaciones, suelen enfrentar los motores de cuatro tiempos más perfectos con las más discutibles realizaciones de dos tiempos y así se ven en gran cantidad de libros técnicos comparaciones desfavorables para los del ciclo de dos tiempos.

Como quiera que sobre estos motores la literatura técnica es mucho más escasa, esta comparación partidista a la inversa se ha hecho muchas menos veces, por lo que, en general, existe la convicción de que un motor de cuatro tiempos es infinitamente más perfecto que uno de dos tiempos. Y esto, naturalmente, es del todo inexacto.

Mostraremos un ensayo de comparación entre estos dos tipos de motores, valiéndonos para ello de motores de una técnica pareja y refiriéndonos, por lo tanto, a los motores de pequeña cilindrada.

Procuraremos ser lo más imparciales posible y haremos hincapié sobre los defectos y las virtudes de un ciclo con respecto al otro.



Primero empezaremos comparando el *consumo* entre los dos motores. El motor de dos tiempos moderno ha sido muy estudiado durante los últimos años. Actualmente se ha conseguido que su consumo específico a bajo régimen de carga sea excelente y hasta incluso, en algunos motores, resulta más económico que en motores iguales de cuatro tiempos. Sin embargo a plena carga el motor de cuatro tiempos es netamente más económico pues a alto régimen de giro el consumo del de dos tiempos es desproporcionado.

En el aspecto del consumo el motor de cuatro tiempos tiene ventajas apreciables, en utilización normal, sobre el de dos tiempos.

En cuanto a las *averías* susceptibles de aparecer en ambos motores, los desgastes en el motor de dos tiempos son, en general, menores que en los de cuatro tiempos.

La mayor cantidad de masas en movimiento por parte del ciclo cuatro tiempos al verse provisto de los complicados mecanismos de la distribución, hacen que sea relativamente fácil el desajuste ya sea de correas, engranajes, muelles, etc.

El dos tiempos, debido a su simplicidad, está exento de estas dificultades. Sin embargo tiene el defecto de precisar, con mucha mayor frecuencia, la limpieza de la carbonilla que se acumula de un modo mucho más acelerado en las paredes de la cámara de combustión cosa que ocurre en mucha menor escala en los motores de cuatro tiempos.

De todos modos, en este aspecto de las averías, hay cierta ventaja a favor del de dos tiempos, por ser menos afectado y tener una mayor duración.



A continuación estudiaremos la facilidad de *puesta en marcha* de ambos tipos de motor.

La facilidad de puesta en marcha es mucho mayor para un motor de dos tiempos que para uno de cuatro. El hecho de que cada dos carreras encuentre una chispa eléctrica con su correspondiente carga de gas, ayuda enormemente la acción de la puesta en marcha que se produce bastando sólo muy poco impulso a cargo del mecanismo de arranque.

De todas formas el de dos tiempos es mucho más delicado de carburación y requiere llevar siempre el carburador bien regulado pues tiene tendencia a anegarse de gasolina con mayor facilidad que el de cuatro tiempos.

Aún en tiempo muy frío la puesta en marcha del de dos tiempos es fácil, mientras no ocurre igual con el de cuatro tiempos.

En este apartado también podemos inclinarnos a favor del motor de dos tiempos

Lo siguiente a analizar es el *ralentí*. Acabamos de decir que el motor de dos tiempos es delicado de carburación. En el aspecto del ralentí el de dos tiempos nunca gira perfectamente bien. El cuatro tiempos, no obstante, lo hace perfectamente.

Hay que hacer una comparativa del *ruido* generado por los motores. Los motores de cuatro tiempos son más silenciosos de una manera muy notable a bajo régimen de giro y si bien a altas revoluciones la diferencia es pequeña (el cuatro tiempos ha de arrastrar todos los mecanismos de la distribución), resulta siempre más sencillo que el motor de dos tiempos.

En esto tiene grandes ventajas en determinadas circunstancias ya que en los motores de motocicleta, e igualmente ocurre en los fuera borda, donde el usuario se encuentra en contacto con el motor, el ruido durante horas puede producir cansancio y otras anormalidades.



En cuanto a las *prestaciones*, el motor de dos tiempos es superior en potencia efectiva sobre el de cuatro tiempos en un grado considerable. Desde el punto de vista de potencia específica es sólo ligeramente superior así como en el par motor. Sin embargo es más elástico y escala más fácilmente los altos regímenes de funcionamiento.

Desde el punto de vista del peso por caballo, el motor de dos tiempos está muy por encima del de cuatro tiempos, en especial en los motores refrigerados por aire. El motor de dos tiempos es más ligero y a la vez más potente y también algo más pequeño para una misma cilindrada. En este aspecto es superior.

Debemos analizar el *consumo de aceite*. Una de las mayores dificultades del motor de dos tiempos se halla en el engrase. Al no poder constituir un circuito, independiente como ocurre en el de cuatro tiempos, la cantidad de aceite derrochada es notable. El gasto de aceite de un motor de cuatro tiempos, debidamente cuidado, puede establecerse, aproximadamente, como un 2,50% en relación con la cantidad de gasolina consumida.

En el dos tiempos es exactamente el doble, es decir un 5%. Al margen de este consumo el de cuatro tiempos se halla mucho mejor engrasado.

También es verdad que existen motores de dos tiempos que funcionan correctamente con una mezcla de sólo el 2% y que con esta misma cantidad pero usando aceites especiales preparados puede funcionar cualquier motor, pero entonces hay que usar aceites sintéticos especiales, de gran calidad, cuyo coste es tan superior a los aceites minerales que, aunque el consumo sea discreto, equivale por su precio a una mayor cantidad de aceite corriente.

Por otra parte el aceite del motor de cuatro tiempos, una vez usado, puede aprovecharse e incluso regenerarse por medio de máquinas depuradoras lo que tiene importancia para grandes motores que consumen una gran cantidad de aceite; pero en el caso del de dos tiempos el aceite se consume durante el proceso de la combustión.



También es importante estudiar el efecto del *freno motor* en ambos motores. En los vehículos terrestres el motor usado como freno tiene su importancia. El motor de dos tiempos es mucho más rápido en escalar altos regímenes, como ya se ha dicho, y por esta razón ofrece muy poca resistencia al vehículo cuando éste arrastra al motor. Por el contrario el motor de cuatro tiempos, cuando no recibe carga por parte del carburador constituye un freno importante que retiene suavemente al vehículo. Por esta razón es necesario en las motocicletas de dos tiempos sobredimensionar los frenos pues en marcha normal éstos serán más utilizados que en una motocicleta equipada con motor de cuatro tiempos.

El *precio de fabricación y adquisición* es inferior en los motores de dos tiempos. El motor de dos tiempos, en general, es mucho más sencillo de construcción que el de cuatro tiempos, no ya por su menor número de piezas, sino por la mayor facilidad de mecanizado.

Los órganos de la distribución son, realmente, mecanismos de precisión que han de construirse de acuerdo con unas tolerancias muy estrechas. Por otra parte, la mayor complicación de las culatas para alojar en ellas todos estos mecanismos hace que el precio del de cuatro tiempos tenga que ser, forzosamente, superior al de dos tiempos.

En consecuencia se deduce de esto que el precio de venta es también inferior para motores de igual cilindrada que en muchos casos corresponde a mayor potencia efectiva. En este aspecto el de dos tiempos ofrece ventajas muy dignas de tenerse en consideración.

La *contaminación* es un punto de vital importancia a estudiar debido a la concienciación actual entorno al medioambiente. En el motor de dos tiempos la combustión es más imperfecta que en el de cuatro tiempos. No siempre se dispone de las fracciones de segundo necesarias para la total combustión de la mezcla y las lumbreras se abren y se cierran muy rápidamente. Por otro lado el aceite se quema a medias, y todo ello se vierte en una atmósfera que en las grandes ciudades no puede tener un índice de pureza más comprometido.



En vista de ello, las autoridades municipales de muchas ciudades han prohibido los motores de dos tiempos, por su característica de ser “altamente contaminantes”.

Precisamente este es el defecto que más perjudica el desarrollo del de dos tiempos en las cilindradas medias y superiores, hasta el punto de que, por una parte, ha colaborado al desarrollo más sofisticado del motor de cuatro tiempos para motocicleta. La aplicación de motores tetra-cilíndricos, con cuatro válvulas por cámara, ejes de levas en cabeza, etcétera, vienen del deseo de lograr máquinas de cilindradas elevadas con un singular poder de aceleración, tal como es típico en los motores de dos tiempos. Y por otro lado, este defecto de la contaminación, ha producido el estancamiento del motor de dos tiempos en su aplicación a los automóviles (totalmente desterrados hoy con este tipo de motor) y también para las motos de gran cilindrada, y actualmente la tendencia es a desterrarlos a su vez de las grandes motos de competición de velocidad. Así pues, en las pruebas realizadas comparativas del índice de contaminación entre motores de dos o cuatro tiempos, la ventaja a favor del segundo es manifiesta.

Como resumen y reuniendo ventajas e inconvenientes de uno y otro motor, podemos llegar a la conclusión de que las fuerzas andan muy igualadas. Ventajas muy apetecibles tiene el motor de dos tiempos, que sin embargo no poseen los motores del otro ciclo, y a la inversa.

El motor de dos tiempos posee una experiencia en su investigación inferior a la efectuada con el de cuatro tiempos y, por lo tanto, el futuro de aquél es más prometedor sobre todo en las cilindradas medias.

Además, la industria y la técnica se hallan más preparadas para la construcción de motores de cuatro tiempos que para sus oponentes.

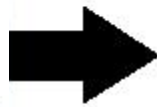
Su principal defecto es, por hoy, el consumo y la contaminación del ambiente y es por ello que está quedando relegado a un segundo plano ya incluso hasta en la máxima expresión de la velocidad en el Campeonato del Mundo.

[1] *soymotero.net*





MOTOR ROTAX 125



MOTOR 4T MARCA MINARELLI

Así,

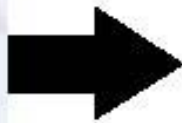


FIGURA 35. EVOLUCIÓN MOTOMAQLAB HACIA MOTO3



2. ESTUDIO DE LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN

Vamos a abordar tres puntos fundamentales en la industrialización de la motocicleta como son, un estudio detallado de los procesos de fabricación llevados a cabo para la producción de cada elemento de la motocicleta, el estudio de la cadena de montaje y la definición del proceso de calidad que va a sufrir cada motocicleta hasta encontrarla dispuesta para venta.

Debido a la limitación presupuestaria y el volumen de fabricación anual de nuestra empresa nos hemos visto obligados a externalizar el proceso de montaje y el de fabricación de alguno de nuestros componentes.

Gracias al asesoramiento de la empresa *Rav Riders*, expertos en este tipo de proceso desde el año 2004, podemos definir y diseñar cómo va a ser el proceso de fabricación de nuestro prototipo. A continuación vamos a facilitar información relativa a la fábrica escogida.

La fábrica que suplirá la fabricación de componentes y el montaje del prototipo se encuentra situada en la ciudad de Guangzhou, provincia de Cantón, y es considerada como la Puerta del Sur de China. Localizada en la parte sur de China, Guangzhou es una ciudad portuaria situada en el río Perla, cerca del Mar de la China Meridional.



FIGURA 36. SITUACIÓN GEOGRÁFICA DE GUANGZHOU

Es la tercera mayor ciudad poblada, con de más de trece millones de personas por detrás de Shanghai y Pekín.



Esta fábrica lleva colaborando con la empresa *Rav Riders* desde el año 2004 y anteriormente, según hemos podido saber gracias a *Rav Riders*, su actividad se remonta aproximadamente otros 15 años.

La fábrica dispone de tres mercados diferenciados:

- MERCADO CHINO: Poseen una producción diaria de 1000 motocicletas.
- MERCADO ASIATICO Y AFRICANO: La principal actividad es la creación de pick up-moto.



FIGURA 37. PICK UP FABRICADA EN CHINA

- MERCADO EUROPEO: Destacan la innovación y la calidad frente a las demás divisiones, fabricando no solo para nuestros asesores *Rav Riders*, sino también para prototipos en Italia, Alemania, Francia...



FIGURA 38. MOTOCICLETA FABRICADA EN CHINA

Dado la magnitud de la fábrica y la actividad que desarrolla ya no solo a nivel Nacional sino Europeo, dispone de todas la certificaciones y procesos de homologación necesarios para garantizar el correcto funcionamiento de los productos creados allí.

En el año 2004 esta fábrica recibió, el premio a la innovación y al buen trabajo, gratificando las actividades que se desarrollan en su interior.

Este reconocimiento supuso un punto de inflexión y provocó la creciente inversión de las autoridades en esta fábrica.



2.1 Proceso de Fabricación

Un proceso de fabricación es el conjunto de operaciones necesarias para modificar las características de las materias primas; tales como su forma, densidad, resistencia o tamaño. En la mayoría de los casos, para la obtención de un determinado producto serán necesarias multitud de operaciones individuales de modo que puede denominarse proceso tanto al conjunto de operaciones desde la extracción de los recursos naturales necesarios hasta la venta del producto, como a las realizadas en un puesto de trabajo con una determinada máquina.

Hemos realizado una clasificación entre todos los componentes de la motocicleta refiriéndonos a la procedencia de los mismos, esta es:

- Piezas de Stock alto tales como tornillos, arandelas, tuercas, rodamientos, etc. De adquisición masiva.
- Piezas suministradas por Proveedores externos como neumáticos, válvulas, motores, etc.
- Piezas de Fabricación Propia, el resto de componentes y que vamos a estudiar a continuación.

En las líneas siguientes, vamos a mostrar un listado de todas y cada una de las piezas que vamos a producir en nuestra fábrica en China. De cada elemento vamos a proporcionar un esquema-dibujo-fotografía, el proceso de fabricación en sí (definiendo material y operaciones) y un coste aproximado por pieza.

Vamos a dividir la motocicleta en siete subconjuntos y a su vez, cada uno de ellos se subdividirá en las piezas que lo componen.

CONJUNTO RUEDA	Llanta
	Separador rodamientos rueda
	Disco freno
	Eje de rueda
	Separador rodamientos rueda
	Disco freno
	Eje de rueda
	Corona transmisión



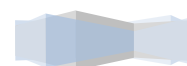
	Tirante pinza freno
CHASIS/SUBCHASIS	Chasis
	Subchasis
	Eje triángulo superior
	Eje triángulo inferior
	Separador rodamientos triángulo inferior
	Separador rodamientos triángulo superior
DIRECCIÓN	Soporte
	Tija
	Eje dirección
	Semimanillares completos
	Compás dirección
SUSPENSIÓN DELANTERA	Suspensión delantera
	Triángulo superior
	Triángulo inferior
	Casquillo centrado rueda delantera
	Balancín suspensión delantera
SUSPENSIÓN TRASERA	Suspensión trasera
	Basculante
MANDOS Y CONTROLES	Maneta de embrague
	Palanca de freno trasero
	Palanca de cambio
	Estriberas completas
	Cuadro soporte palancas
	Caballote
CARROCERÍA Y SOPORTES	
	Carenado

TABLA 3. PIEZAS DE FABRICACIÓN PROPIA

Previo al desarrollo de los procesos de fabricación hay que nombrar la máquina de control numérico computerizado (CNC) utilizada para realizar todas las operaciones descritas a continuación. Esta es:



FIGURA 39. MÁQUINA CNC



En la siguiente imagen se puede apreciar dicha máquina en pleno funcionamiento.



FIGURA 40. EJEMPLO FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA CNC

Además, para determinadas operaciones se van a utilizar la dobladora mostrada a continuación.



FIGURA 41. MÁQUINA DOBLADORA DE TUBOS



2.1.1 RUEDA DELANTERA, TRASERA Y FRENOS

Las piezas a producir y que componen nuestra rueda delantera son, llanta, separador rodamientos rueda, disco de freno, eje de rueda, corona de transmisión y tirante pinza freno.

🚦 LLANTA

Primeramente debemos conocer el papel de las llantas en una motocicleta. La llanta es la pieza, normalmente metálica, sobre la que se asienta un neumático. En nuestro caso, el material con el cual se van a producir las llantas de nuestras motocicletas en serie (tanto de 80 cc como de 125 cc) será un Duraluminio con un tamaño de 17" (pulgadas).

Los Duraluminios son una aleación de Aluminio y Cobre que presentan una elevada resistencia mecánica a temperatura ambiente y acabados de gran calidad. Además, ha desbancado al acero en aplicaciones donde el cociente entre alguna propiedad mecánica y el peso es importante. Es muy empleado en industrias aeronáutica, automovilística e incluso en Fórmula 1.



FIGURA 42. LLANTAS FABRICADAS EN DURALUMINIO



El primer paso fue preparar un diagrama de flujo detallado del proceso, presentamos aquí una versión muy simplificada junto con una breve explicación.

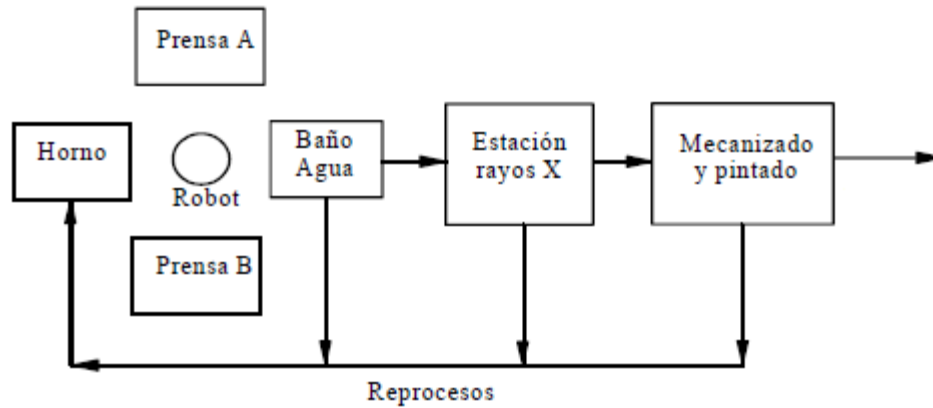


FIGURA 43. ESQUEMA DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE LLANTAS

El proceso se inicia con la fusión del aluminio, que permanece en un horno a una temperatura de unos 650° C. Un robot recoge con una cubeta la cantidad necesaria de aluminio para llenar los moldes que se hayan situados en dos prensas próximas al horno. Una vez llena la parte inferior del molde, dejando caer el aluminio líquido, desciende la parte superior cerrando herméticamente y aplicando una presión durante un cierto tiempo (inyección por gravedad). El molde es refrigerado por el exterior para que el aluminio se solidifique. Transcurrido un cierto tiempo, el molde se abre automáticamente y un operario con ayuda de una grúa extrae la llanta, la sumerge en un baño de agua durante breves instantes y la somete a una primera inspección visual para detectar defectos por falta de llenado, de agarres y de material pegado. Si los hay, el operario la pone en la cinta de reprocesado que lleva las llantas de nuevo al horno donde son refundidas. En caso contrario, la sitúa en una cinta transportadora que la lleva hasta la estación de Rayos X donde se examina la porosidad para clasificarlas según su calidad.



La estación decide automáticamente si la llanta debe ser reprocesada o debe continuar el proceso hacia las estaciones de mecanizado y pintura donde, esporádicamente, son detectados nuevos defectos. Una vez finalizado el proceso, son enviadas a embalaje para su envío.

SEPARADOR RODAMIENTOS RUEDA

El separador consiste en un espaciador con forma cilíndrica que se apoya en la parte interior del rodamiento para que este no rompa al apretarlo.

El material elegido en este caso para su mecanizado será una Aluminio 6061.

Las propiedades del Aluminio 6061 son las siguientes:

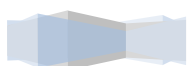
El aluminio (Al) es un metal no ferromagnético que se encuentra en gran abundancia en la corteza terrestre, de hecho es el tercer elemento más común encontrado en ella.

Este metal posee una combinación de propiedades que lo hacen muy útil en ingeniería mecánica, tales como su baja densidad (2.700 kg/m^3) y su alta resistencia a la corrosión. Mediante aleaciones adecuadas se puede aumentar sensiblemente su resistencia mecánica (hasta los 690 MPa). Es buen conductor de la electricidad y del calor, se mecaniza con facilidad y es relativamente barato. Es por todo esto que desde mediados del siglo XX, es el segundo metal en uso tras el acero.

En nuestro caso, el aluminio 6061, es una aleación del aluminio compuesta por:

Aluminio, Al	$\leq 98.1 \%$
Cromo, Cr	$\leq 0.050 \%$
Cobre, Cu	$\leq 0.20 \%$
Hierro, Fe	$\leq 0.15 \%$
Magnesio, Mg	0.35 - 0.60 %
Manganeso, Mn	$\leq 0.050 \%$
Otros, individual	$\leq 0.050 \%$
Otros, total	$\leq 0.15 \%$
Silicio, Si	0.30 - 0.60 %
Zinc, Zn	$\leq 0.050 \%$

TABLA 4. COMPOSICIÓN DEL ALUMINIO 6061



El aluminio 6061 es usado comúnmente en la fabricación de pesadas estructuras que requieren buena resistencia a la corrosión, como pueden ser camiones, componentes de barcos, aplicaciones que han de soportar elevadas presiones y tuberías.

Posee buena maquinabilidad a elevadas temperaturas y acepta todo tipo de proceso de mecanizado.

Propiedades Mecánicas	
Dureza, Brinell	95
Dureza, Knoop	120
Dureza, Rockwell A	40
Dureza, Rockwell B	60
Dureza, Vickers	107
Resistencia última la tracción	310 MPa
Resistencia última a fluencia	276 MPa
Alargamiento a rotura	12 - 17 %
Modulo de elasticidad	68'9 GPa
Coefficiente de Poisson	0'330
Resistencia a la fatiga	96'5 MPa
Resistencia a la fractura	29 MPa - m ^{1/2}
Maquinabilidad	50 %
Modulo de cortadura	26 GPa
Resistencia a la cortadura	207 MPa
Propiedades Eléctricas	
Resistividad eléctrica	0'00000399 ohm - cm
Propiedades Térmicas	
Calor específico	0'896 J/g - °C
Conductividad térmica	167 W/m-K
Punto de Fusión	582 – 651'7 °C

TABLA 5. PROPIEDADES DEL ALUMINIO 6061



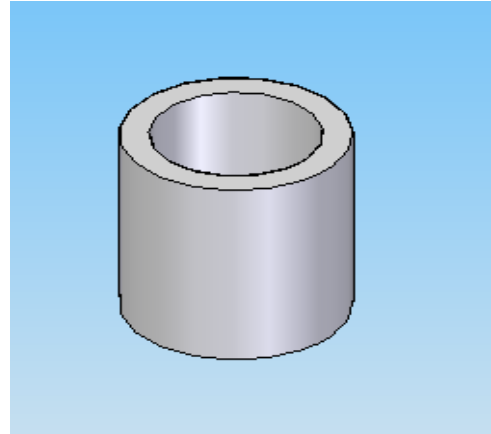


FIGURA 44. SEPARADORES Y DISEÑO CAD

En este caso el proceso de fabricación es más simple que en el caso de las llantas. Se comenzará partiendo de un tocho de Aluminio 6061 colocado en un torno de control numérico. La primera operación que se realizará sobre el material inicial será un refrentado para eliminar impurezas en la capa superficial. A continuación, se hará un cambio de herramienta para realizar un vaciado y así conformar el cilindro. Más tarde se cortarán los cilindros a la medida indicada para que por último un operario compruebe mediante inspección visual la pieza ya terminada.

DISCO DE FRENO

Los frenos de disco se diseñaron para intentar conseguir una mayor transferencia de calor, problema principal en los frenos de tambor. Durante el funcionamiento de estos últimos, la energía acumulada se transforma en calor de forma que a medida que se incrementa la temperatura de las zapatas y los tambores disminuye su eficacia debido a la dilatación del tambor y además las zapatas pierden rápidamente resistencia al desgaste.

El aumento de la temperatura provoca cambios temporales en las propiedades de fricción del material empleado en la fabricación del forro del freno, recuperando su eficacia inicial al enfriarse. A este fenómeno se le denomina *FADING*.



En la siguiente figura podemos observar la evolución de la eficacia de frenada a medida que aumenta la temperatura con continuas frenadas.

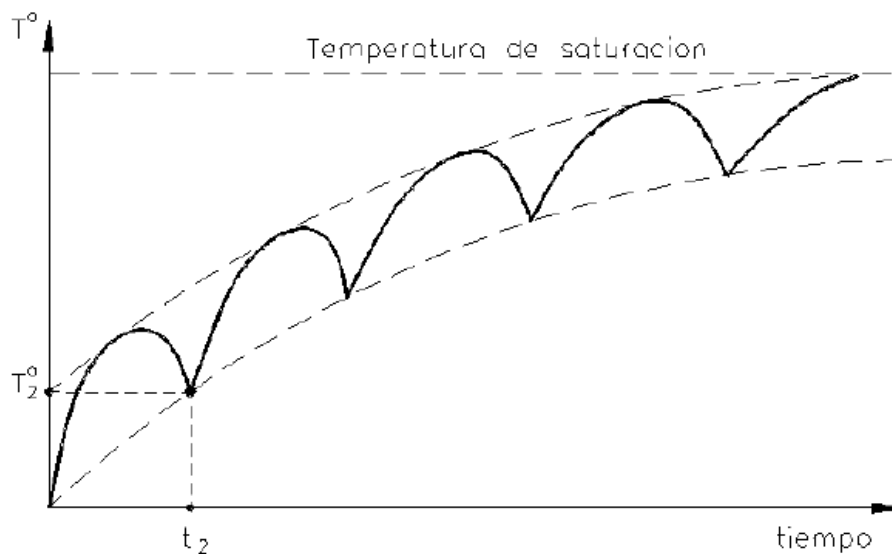


FIGURA 45. EVOLUCIÓN DE LA EFICACIA DE FRENADA

En este tipo de frenos, la fuerza de frenada se obtiene directamente por la aplicación de fuerzas axiales sobre un disco solidario con el eje. Un freno de disco está formado por el disco, que se encuentra atornillado al eje y por la mordaza o pinza de freno, que aloja en su interior uno o dos bombines hidráulicos. Entre los bombines y el disco se interpone una placa o pastilla de freno de elevado coeficiente de fricción y que tiene forma de corona circular.

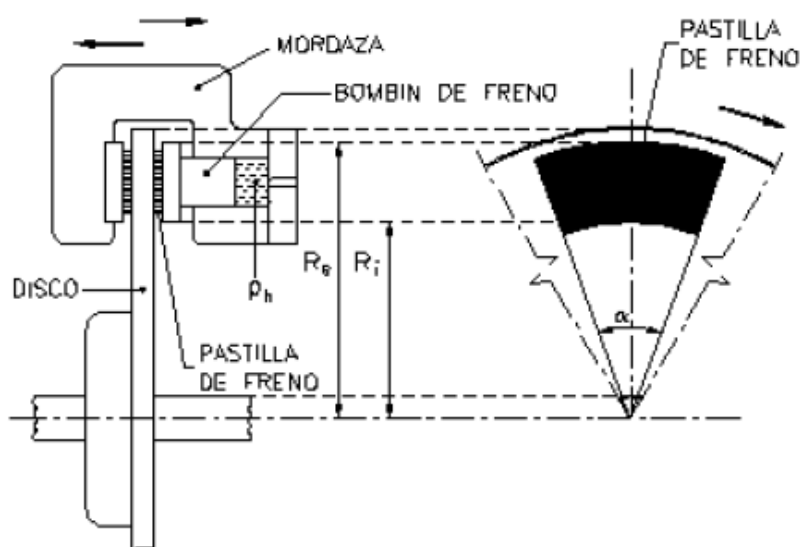


FIGURA 46. PARTES DEL FRENO DE DISCO Y PASTILLA



El contacto entre pastilla y disco de freno se produce en un plano y no entre superficies cilíndricas, como ocurre con los frenos de tambor, por lo que se utiliza casi la totalidad de la superficie de los forros en la frenada. Además cuanto mayor sea la superficie libre en la frenada, mejor se evacuará el calor generado. Por ello, interesan pastillas de freno pequeñas, cuyo ángulo de corona circular sea de alrededor unos 60°.

Hemos decidido mecanizar nuestros propios discos de freno, en un acero inoxidable, para, además de abaratar costes, personalizar nuestra motocicleta dándole un toque distintivo.

El proceso llevado a cabo para fabricar los discos consiste en introducir una placa del material deseado (acero inoxidable) en una punzonadora para darle forma circular. Seguido a esto y con otro golpe de prensa se finaliza dando la forma final a nuestro disco. Un operario se encargará de recoger la pieza de la prensa y realizar en ese mismo instante un control visual que detecte errores. Si la pieza se mecaniza perfectamente, se enviará a embalaje; si no es así, se desechará.



FIGURA 47. DISCO DE FRENO DELANTERO INSTALADO





FIGURA 48. DISCO DE FRENO MECANIZADO EN CNC

✚ EJE DE RUEDA

El eje de las ruedas se va a mecanizar con un acero St 42, que es altamente recomendable en la transmisión de fuerzas entre grupos móviles.

La función del eje es la de dar estabilidad a la rueda y facilitar el amarre de ésta a las suspensiones, tanto delantera como trasera.

A continuación se muestra un ejemplo de eje de rueda:



FIGURA 49. EJE DE RUEDA



El proceso de fabricación llevado a cabo para la realización de los ejes de rueda comienza con un tubo del diámetro y espesor adecuados cortado a la medida deseada. Una vez finalizado esto, se crea la rosca pertinente a ambos lados del eje para poder ajustarlo adecuadamente a todos los elementos que conecta y se saca la pieza finalizada lista para inspeccionarla.

✚ CORONA DE TRANSMISIÓN

La corona de transmisión es uno de los elementos básicos en la transmisión de la potencia proporcionada por el motor hasta la rueda trasera o motriz, a través de la cadena.

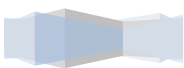


FIGURA 51. DETALLE DEL ACABADO DE UNA CORONA DE TRANSMISIÓN FABRICADA MEDIANTE CNC

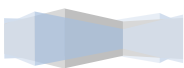
FIGURA 50. CORONA DE TRANSMISIÓN INSTALADA EN LA MOTOCICLETA



Por ello, y debido a las altas calidades conseguidas en trabajos realizados en maquinaria de control numérico, la realización de la corona de transmisión va a ser en fundamento igual a la del disco de freno, variando sólo la forma de nuestra corona y el material utilizado, Duraluminio.



A continuación vamos a mostrar un explosionado de las ruedas, tanto delantera como trasera, de una motocicleta donde se pueden apreciar todas las partes que las componen.



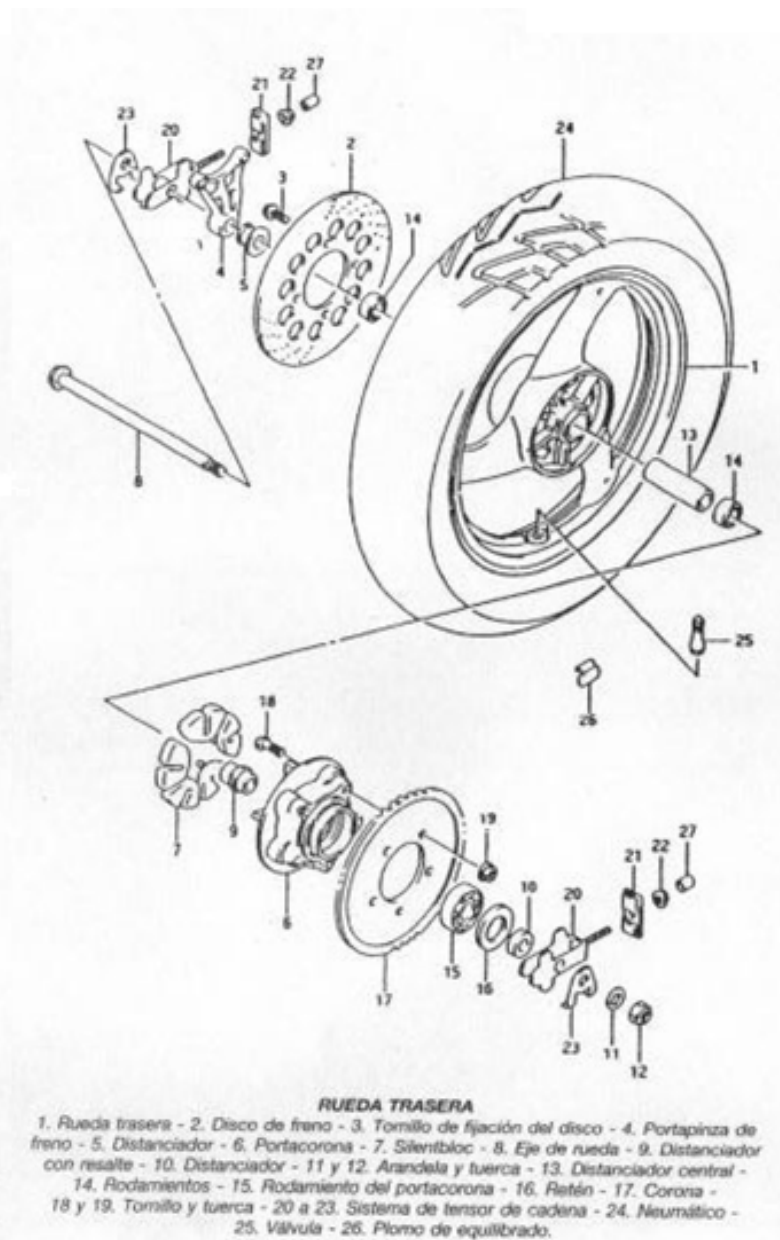
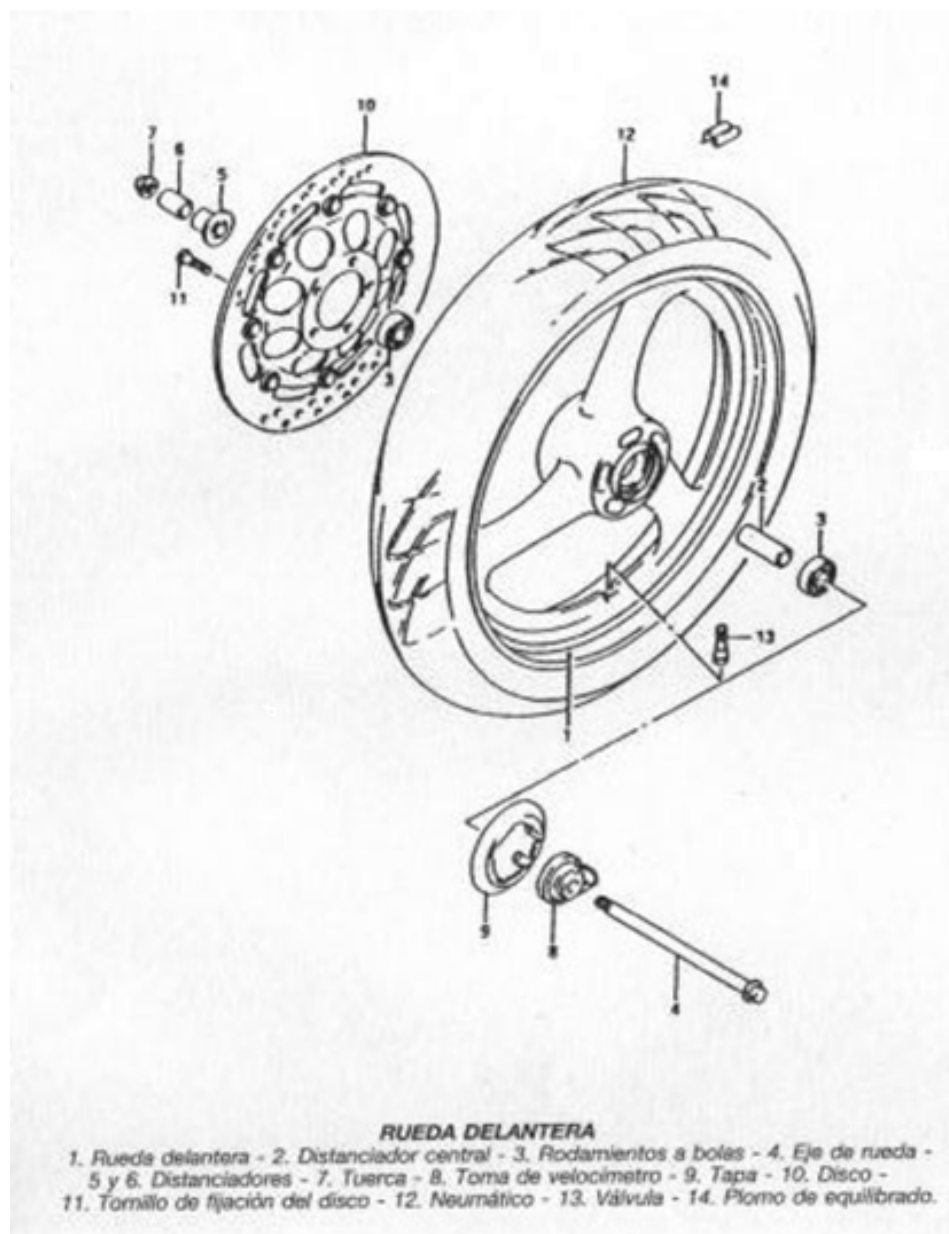


FIGURA 52. EXPLOSIONADO DE RUEDAS DELANTERA Y TRASERA



TIRANTE PINZA FRENO

El tirante pinza freno es una pequeña pieza mecanizada en máquinas de control numérico y en aluminio 6061.

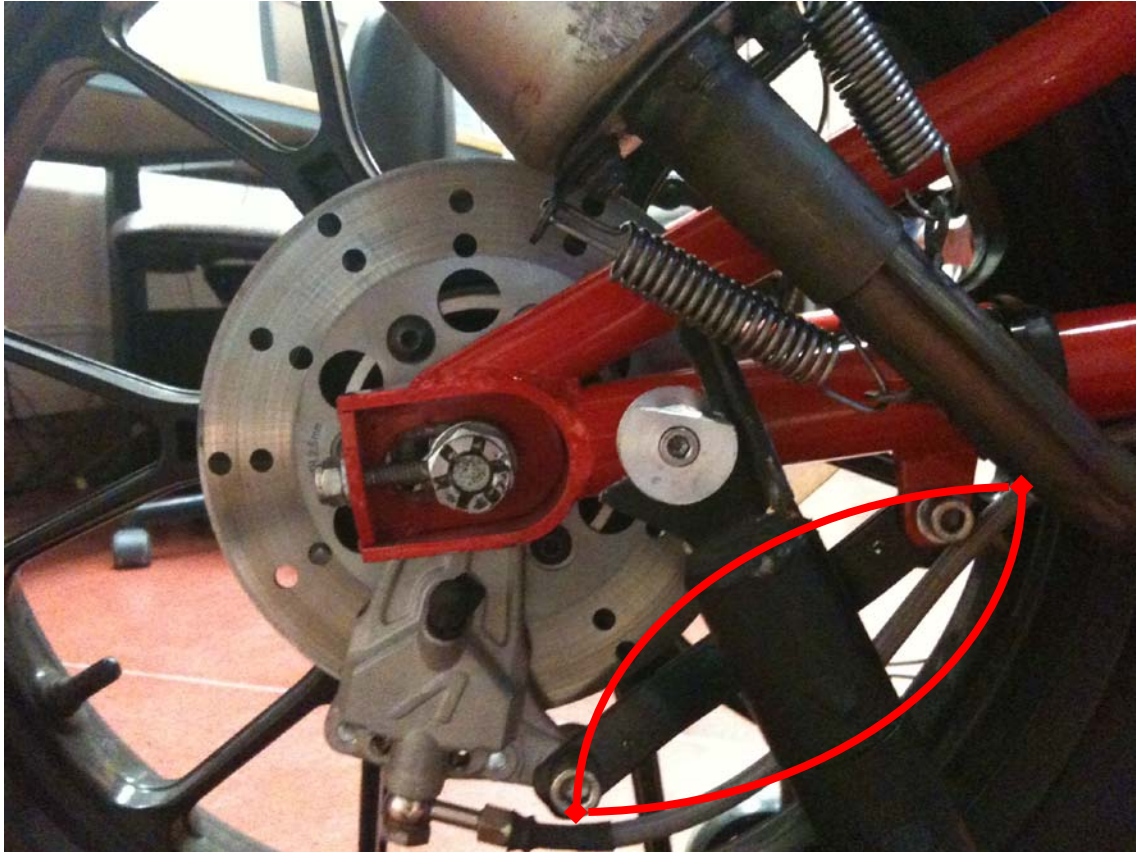


FIGURA 53. TIRANTE PINZA DE FRENO

La misión fundamental del tirante es la de absorber las vibraciones producidas en la pinza del freno para transmitir las al basculante y así evitar fenómenos extraños en la rueda trasera.

En la imagen se puede apreciar perfectamente como se hace la unión mencionada entre la pinza del freno y el basculante.

Para mecanizar esta pieza, se debe golpear mediante nuestra prensa una lámina previa del grosor final deseado para darle la forma final. En este golpe se curvará dicha lámina y se cortará con las dimensiones últimas del tirante.



2.1.2 CHASIS/SUBCHASIS

Las piezas de fabricación propia del conjunto chasis/subchasis son los propios chasis y subchasis, además de los ejes de los triángulos superior e inferior y los separadores de rodamientos en ambos triángulos.



CHASIS

Puesto que el chasis es la gran novedad en nuestra motocicleta, por tener un diseño único, vamos a incidir en este punto de forma especial.

El chasis es la estructura, armazón o bastidor, que permite la unión entre los componentes que forman la moto, otorgándole una rigidez fundamental ya que las fuerzas de torsión generadas por la entrega de potencia, frenadas, baches, etc., deben ser filtradas por este elemento.

Materiales típicos en la fabricación de chasis:

ACERO: por su popularidad, facilidad de manejo, resistencia y bajo coste es el más común de todos.

Los aceros son aleaciones de hierro-carbono forjables, con porcentajes de carbono variables entre 0'03 y 2%. Se distinguen de las fundiciones, también aleaciones de hierro y carbono, en el que la proporción de carbono es superior para estas: entre 1'5 y el 4%.

La diferencia fundamental entre ambos materiales es que los aceros son por su ductilidad fácilmente deformables en caliente utilizando forjado, laminación o extrusión, mientras que las fundiciones son frágiles y se fabrican generalmente por moldeo.

En la fabricación de nuestro chasis se va a emplear un acero aleado al cromo molibdeno 4130.

En dicho acero al Cromo Molibdeno, tanto el cromo como el molibdeno se emplean para evitar la corrosión y oxidación, además, el molibdeno también le da mayor resistencia a impactos.



Se trata de un acero de baja aleación cromo-molibdeno. En la siguiente tabla podemos apreciar las diferentes proporciones de elementos que componen el acero aleado al cromo molibdeno 4130.

C	Si	Mn	P máx.	S máx.	Cr	Mo
0'28- 0'33	0'15- 0'35	0'40- 0'60	0'035	0'040	0'80- 1'10	0'15- 0'25

TABLA 6. COMPOSICIÓN DEL ACERO 4130 CROMO MOLIBDENO

Las principales formas y acabados logrados con este material son barras redondas, cuadradas, hexagonales, huecas, placas laminadas en caliente o discos.

Por tener un contenido de 0'3% de carbono, éste acero alcanza una magnífica penetración al temple. Otra importante característica es que puede soldarse mediante cualquiera de los procesos comunes de soldadura.

En sus aplicaciones se emplea normalmente tratado, principalmente en la industria automotriz, para discos de turbinas a vapor, cigüeñales, rotores, ejes, árboles y tornillos de resistencia, entre otros. También se utiliza para juntas de herramientas, abrazaderas y fabricación de herramientas manuales.

Los tratamientos térmicos recomendados se muestran a continuación (los valores se encuentran en °C):

Forjado		1050-1200
Normalizado		860-890
Recocido	<i>Ablandamiento</i>	680-720
	<i>Regeneración</i>	830-880 enfriar en horno
Templado		830-850 Agua
		840-860 Aceite
Revenido		500-650
Ptos. críticos aprox.	<i>Ac1</i>	757
	<i>Ac3</i>	810

TABLA 7. TRATAMIENTOS TÉRMICOS DEL ACERO 4130 CROMO MOLIBDENO



Las propiedades mecánicas mínimas estimadas son:

Densidad	7'872 *10 ³	kg/m ³
Modulo de elasticidad	205	GPa
Expansión térmica (20 °C)	11'2*10 ⁻⁶	°C ⁻¹
Capacidad calorífica específica	477	J/(kg*K)
Conductividad térmica	42'7	W/(m*K)
Resistividad eléctrica	2'23*10 ⁻⁷	Ohm*m
Resistencia a tracción (recocido)	561	MPa
Resistencia a fluencia (recocido)	361	MPa
Elongación (recocido)	28	%
Dureza (recocido)	82	RB
Resistencia a tracción (normalizado)	669	MPa
Resistencia a fluencia (normalizado)	436	MPa
Elongación (normalizado)	25	%
Dureza (normalizado)	93	RB

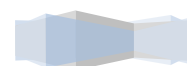
TABLA 8. PROPIEDADES DEL ACERO 4130 CROMO MOLIBDENO

ALUMINIO: su ligereza, conductividad eléctrica, resistencia a la corrosión y bajo punto de fusión, le convierten en un material idóneo para multitud de aplicaciones, especialmente en aeronáutica. Sin embargo, la elevada cantidad de energía necesaria para su obtención dificulta su mayor utilización; dificultad que puede compensarse por su bajo coste de reciclado, su dilatada vida útil y la estabilidad de su precio.

El aluminio es un metal ligero, blando pero resistente, de aspecto gris plateado. Su densidad es aproximadamente un tercio de la del acero o el cobre. Es muy maleable y dúctil y es apto para el mecanizado y la fundición.

Las ventajas del acero sobre el aluminio residen en que es más barato y más fácil de trabajar, y tiene una mayor tenacidad, es decir, puede absorber vibraciones, torsiones o impactos sin rajarse o romperse.

El aluminio en cambio es mucho más ligero que el acero, alrededor de tres veces, lo cual constituye la principal ventaja de este material consiguiendo chasis muy resistentes y ligeros. Además, el aluminio no se oxida ni se erosiona con facilidad, al contrario que la mayoría de aceros (salvo que los inoxidables). Sin embargo, necesita ser soldado por soldadura TIG y no es tan común como el acero, por lo que suele resultar más caro.



TITANIO: el metal es de color gris oscuro, de gran dureza, resistente a la corrosión y de propiedades físicas parecidas a las del acero.

El titanio es un elemento metálico que presenta una estructura hexagonal compacta, es duro, refractario y buen conductor de la electricidad y el calor. Presenta una alta resistencia a la corrosión y cuando está puro, se tiene un metal ligero, fuerte, brillante y blanco metálico de una relativa baja densidad. Posee muy buenas propiedades mecánicas y además tiene la ventaja, frente a otros metales de propiedades mecánicas similares, que es relativamente ligero.

FIBRA DE CARBONO: se denomina fibra de carbono a un material compuesto de plástico reforzado con grafito o con fibras de carbono. Es un material caro, fuerte y ligero.

Al igual que la fibra de vidrio, es un caso común de metonimia, en el cual se le da al todo el nombre de una parte, en este caso el nombre de las fibras que lo refuerzan.

El plástico es habitualmente resina epoxi, aunque otros como el poliéster o el viniléster, también se usan como base para la fibra de carbono.

Diseño de nuestro chasis:

Nuestro chasis posee la forma final mostrada a continuación:



FIGURAS 54 Y 55. DISEÑO FINAL DEL CHASIS 1 Y 2





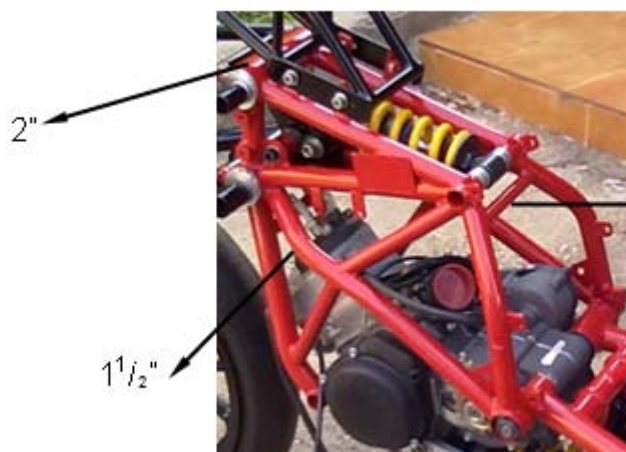
FIGURAS 56. DISEÑO FINAL DEL CHASIS 3

Fabricación:

Los procesos de fabricación avanzan de forma vertiginosa. Por ello, cada día se pueden hacer mejores piezas con menos defectos. En la actualidad, existen chasis que están fabricados sin una sola soldadura, lo que reduce las complicadísimas tensiones internas que tantos dolores de cabeza han dado a lo largo de la historia.

Sin embargo, la firma italiana Ducati se empeña en hacer chasis multitubulares de acero y, aunque estos tipos de chasis presentan un sinfín de soldaduras, su depurada técnica hace que sean los mejores del mercado.

Para el diseño mostrado con anterioridad, se han utilizado tubos de diferentes diámetros. Estos son, 1" (o pulgada ≈ 25.4 mm), 1 1/2" (≈ 38.1 mm) y 2" (≈ 50.8 mm). Los de 2" serán donde se acomoden los triángulos.



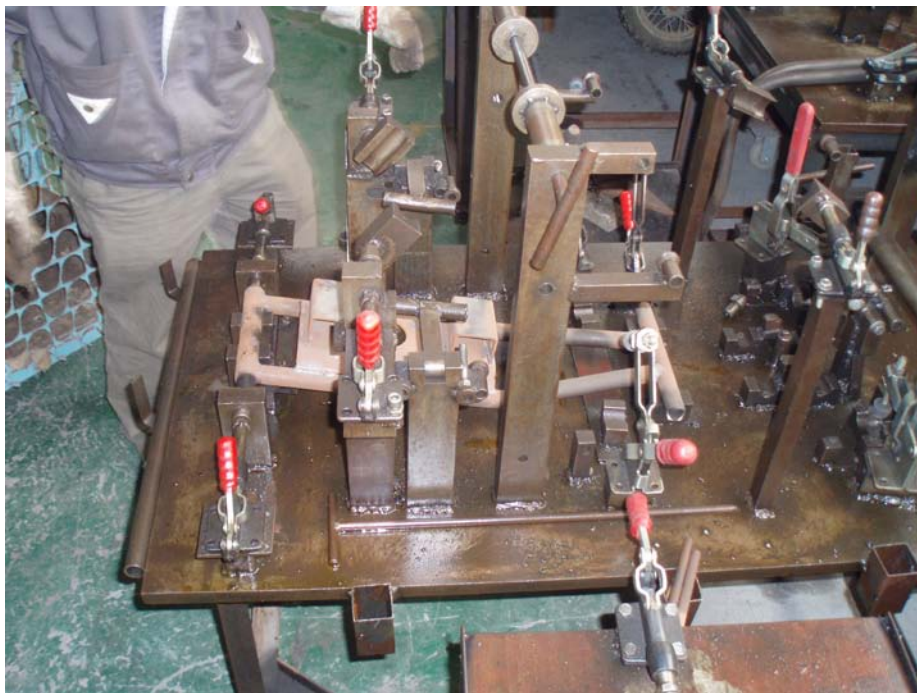
FIGURAS 57. DIÁMETROS DE TUBOS DEL CHASIS



Una vez definido el diseño de nuestro chasis y comprobado que soportará todas las solicitaciones a las que se vería sometido en pleno funcionamiento (se entiende, en carrera), se decidió su fabricación.

Para su fabricación en nuestra fábrica de Guangzhou, llevamos en primer término una réplica del chasis original (si no el mismo) con las dimensiones exactas para crear, gracias a las máquinas existentes para tal fin, un **POTRO** sobre el cual los fabricantes en China reproducirán exactamente nuestro chasis en serie.

En la siguiente imagen se muestra un ejemplo de fabricación de un potro en las fábricas mencionadas.



FIGURAS 58 FABRICACIÓN DE UN POTRO EN LAS FÁBRICAS

Este **POTRO**, posee un precio elevado, que se mostrará en su apartado correspondiente. Sin embargo, cada chasis producido a partir de éste tendrá un precio insignificante en comparación.

Además ese elevado precio se amortizará entre todas las motos fabricadas, es decir, entre las 500 exigidas.



Una vez fabricado el modelo a copiar en la producción en serie, se seguirá el siguiente proceso de fabricación.

Como primer paso, se cortan los tubos de acero al cromo molibdeno 4130 con las medidas definidas en el apartado de diseño teniendo en cuenta la compensación que hay que aplicar al realizar las operaciones de doblado. Estas operaciones de doblado o curvado se llevarán a cabo mediante la dobladora mostrada al comienzo de este apartado, dándole a cada tubo perteneciente al chasis el ángulo deseado.

Además se han de mecanizar mediante control numérico aquellos elementos que irán soldados al chasis y servirán como puntos de conexión entre éste y otros elementos de la motocicleta. Estos elementos de sujeción los podemos ver remarcados en la siguiente figura.



FIGURAS 59. PUNTOS DE ANCLAJE DEL CHASIS



El siguiente paso será el de la unión de todos los tubos para formar el conjunto final, además de los elementos de anclaje.

Por ello, uno de los motivos al escoger el acero aleado 4130 cromo molibdeno es que contiene características únicas que le hacen muy propicio para soldar estructuras de tubo.

El 30 en 4130 representa un valor de 0'30% de contenido en carbono. Este es un valor considerado como máximo para soldar con calidad y facilidad.

En aleaciones superiores a 0'30%, sería muy difícil de obtener una soldadura sin la posibilidad de rupturas en las juntas soldadas, así como inclusiones u oclusiones escondidas.

Vamos a estudiar los tipos de soldadura existentes y que más se adecúan a nuestro caso escogiendo el más adecuado.

SOLDADURA MIG: la soldadura MIG o GMAW (Gas Metal Arc Welding) es un proceso semiautomático, automático o robotizado de soldadura. Utiliza un electrodo consumible y continuo que es alimentado a la pistola junto con el gas inerte en soldadura MIG o gas activo en soldadura MAG que crea la atmósfera protectora. Hace que no sea necesario estar cambiando de electrodo constantemente.

Este proceso se utiliza mucho en industrias donde el tiempo y la calidad de la soldadura son cruciales. El principio es similar a la soldadura por arco, con la diferencia en el electrodo continuo y la protección del gas inerte, lo que le dan a este método la capacidad de producir cordones más limpios (no forma escoria, por lo que se pueden formar varias capas sin necesidad de limpieza intermedia).

El método MIG (Metal Inert Gaswelding) utiliza un gas inerte (Argón, Helio o una mezcla de ambos). Se emplea sobre todo para soldar aceros inoxidables, cobre, aluminio, chapas galvanizadas y aleaciones ligeras **(como es nuestro caso)**. A veces es mejor utilizar helio ya que este gas posee mayor ionización y por lo tanto mayor rapidez de generación de calor.



SOLDADURA MAG: la soldadura MAG (Metal Active Gaswelding) es un tipo de soldadura que utiliza un gas protector químicamente activo (dióxido de carbono, argón más dióxido de carbono o argón más oxígeno). El material de aporte tiene forma de varilla muy larga y es suministrado continuamente y de manera automática por el equipo de soldadura.

Se utiliza básicamente para aceros no aleados o de baja aleación. No se puede usar para soldar aceros inoxidables ni aluminio o aleaciones de aluminio.

Es similar a la soldadura MIG aunque se distinguen en el gas protector que emplean y en que es más barata que ella debido al menor precio de gas que utiliza.

SOLDADURA TIG: la soldadura TIG (Tungsten Inert Gas), se caracteriza por el empleo de un electrodo permanente de tungsteno, aleado a veces con torio o zirconio en porcentajes no superiores a un 2%. Dada la elevada resistencia a la temperatura del tungsteno (su punto de fusión se encuentra en 3410 °C), acompañada de la protección del gas, la punta del electrodo apenas se desgasta tras un uso prolongado. Los gases más utilizados para la protección del arco en esta soldadura son el argón y el helio, o mezclas de ambos.

La gran ventaja de este método de soldadura es, básicamente, la obtención de cordones más resistentes, más dúctiles y menos sensibles a la corrosión que en el resto de procedimientos, ya que el gas protector impide el contacto entre el oxígeno de la atmósfera y el baño de fusión.

Sin embargo, este método de soldadura requiere una mano de obra muy especializada, lo que también aumenta los costes.

Por tanto, no es uno de los métodos más utilizados sino que se reserva para uniones con necesidades especiales de acabado superficial y precisión, aunque hoy en día se está generalizando su uso sobre todo en aceros inoxidables y especiales, ya que a pesar del mayor coste de esta soldadura, el acabado obtenido es de una gran calidad.



Una vez decidida la elección de la soldadura MIG o Metal Inert Gaswelding sobre las propuestas gracias a sus ventajas respecto a ellas, procedemos a mostrar los puntos críticos de unión en nuestro chasis.



FIGURA 61. DETALLE DE LA CALIDAD DE SOLDADURA EN UN CHASIS FABRICADO EN GUANGZHOU

FIGURA 60. PUNTOS MÁS IMPORTANTES EN LA SOLDADURA DE NUESTRO CHASIS



Una vez lograda la unión de todos los elementos del chasis, se procederá a realizar una inspección visual para comprobar el posible remanente de material de aporte e imperfecciones cometidas en el soldado. Tras esto y como último paso, se le dará el color elegido.

Nuestro chasis estará listo para mandarlo a montaje y más tarde a embalarlo para su envío.

SUBCHASIS

Se denomina subchasis a las piezas que sujetan indirectamente el resto del cuerpo de la moto, esto es, los asientos, maleta, etc. El subchasis compone el soporte de la parte “habitable” de la motocicleta.



FIGURA 62. EJEMPLO DE SUBCHASIS

La fabricación de este elemento se va a realizar exactamente igual que en el caso del chasis, idéntico material, un acero aleado al cromo molibdeno 4130, e idéntico proceso, creando un potro que lo reproduzca y a partir de él producir en serie el subchasis de igual forma al chasis.





EJES DE LOS TRIÁNGULOS SUPERIOR E INFERIOR

En este caso volvemos al mecanizado en acero St 42, procediendo de igual manera a la que se hizo con los ejes de las ruedas.



SEPARADORES DE RODAMIENTOS EN AMBOS TRIÁNGULOS

Su fabricación se llevará a cabo al mismo tiempo y de la misma manera que la de los separadores de los rodamientos de las ruedas, desarrollado en el apartado de *ruedas y frenos*.

2.1.3 DIRECCIÓN

Las piezas que vamos a fabricar y componen el conjunto de la dirección son el soporte de dirección, la tija, el eje de dirección, los semimanillares completos y el compás de dirección.



SOPORTE DE DIRECCIÓN

El soporte de dirección es aquel elemento mecanizado en acero aleado al cromo molibdeno 4130 encargado de dar sujeción entre la suspensión delantera y el chasis. Tiene la siguiente forma en nuestra motocicleta:





PIEZA EN
ALUMINIO 6061

FIGURA 63. PIEZA EN ALUMINIO 6061



FIGURA 64. SOPORTE DE DIRECCIÓN

Para mecanizarla, se procede de la misma manera que con el chasis y el subchasis. Primeramente se fabricará un potro a partir de la pieza original para, a partir de este, producir en serie el soporte de dirección. Igualmente al caso del chasis y subchasis, un operario vigilará el proceso para detectar posibles fallos en el proceso, se pintará, se enviará a montaje y se embalará.

En la siguiente imagen, se resaltan los puntos críticos de soldadura (azul) así como los elementos de sujeción necesarios en el soporte (blanco).



FIGURA 65. PUNTOS
DE SOLDADURA Y
ANCLAJE EN SOPORTE
DE DIRECCIÓN



En la parte final del soporte, se fabricará en aluminio 6061 un casquillo donde se alojará el eje de dirección más tarde descrito. Este casquillo se resalta en las imágenes anteriores. Para fabricarlo, se parte de un tocho de material que se mecanizará mediante las operaciones de fresado específicas.

TIJA

La tija es el elemento mecanizado igualmente en aluminio 6061 que se encarga de mantener todos los componentes de la dirección unidos dándole una estabilidad y firmeza en los giros que sin ella no sería posible.

Para nuestra motocicleta, la tija posee la siguiente forma una vez instalada:



FIGURA 66. TIJA INSTALADA 1



FIGURA 67. TIJA INSTALADA 2



FIGURA 68. TIJA MECANIZADA EN CNC





EJE DE DIRECCIÓN

El eje de dirección es el elemento en nuestra motocicleta encargado de conectar todos los elementos descritos con anterioridad con la suspensión delantera, de modo que sea posible la transmisión del giro que desee realizar el piloto en un todo momento.



*FIGURA 69. POSICIÓN DEL
EJE DE DIRECCIÓN*

La fabricación de esta pieza se va a realizar en el mismo acero 4130 aleado al cromo molibdeno.



SEMIMANILLARES COMPLETOS

El conjunto de los semimanillares se va a fabricar mediante nuestras máquinas CNC y mediante los procesos de fresado y torneado que en ellas se disponen.

El material de fabricación será nuevamente el aluminio 6061, y las piezas que componen este conjunto son:





FIGURA 70. SEMIMANILLARES EN NUESTRA MOTOCICLETA



FIGURA 71. EJEMPLO DE SEMIMANILLAR COMPLETO

COMPÁS DE DIRECCIÓN

El compás de dirección está formado por una pieza mecanizada en aluminio 6061 mediante procesos de control numérico y que se encarga de transmitir el par de giro a la suspensión delantera, y por lo tanto a la rueda, a través del movimiento del manillar.

A continuación se muestra una imagen de su posición en la motocicleta.



FIGURA 72. COMPÁS DE DIRECCIÓN



2.1.4 SUSPENSIÓN DELANTERA

Los componentes del conjunto denominado suspensión delantera que vamos a fabricar son la suspensión delantera propiamente dicha, los triángulos superior e inferior, el casquillo de centrado en rueda delantera, el balancín y el tirante.

SUSPENSIÓN DELANTERA Y TRIÁNGULOS

La suspensión delantera es junto al chasis y al basculante, la gran novedad en la motocicleta. Tiene la siguiente forma:



FIGURA 73. SUSPENSIÓN DELANTERA Y TRIÁNGULOS

La fabricación de la suspensión delantera y ambos triángulos se va a realizar exactamente igual que la del chasis, explicada al detalle con anterioridad. Así el material del cual estarán fabricados será el acero 4130 al cromo molibdeno.





CASQUILLO DE CENTRADO

El casquillo de centrado se va a fabricar mediante mecanizado en nuestras máquinas de control numérico. El material utilizado de nuevo para su fabricación será el aluminio 6061.



FIGURA 74. CASQUILLO DE CENTRADO

Gracias al casquillo de centrado, se permite el perfecto funcionamiento de la excéntrica de nuestra suspensión delantera.



BALANCÍN

El balancín es el elemento encargado de crear la unión flexible entre el triángulo inferior y la suspensión delantera. Igual que el triángulo superior, el inferior se encuentra unido mediante un rodamiento al chasis.



FIGURA 75. BALANCÍN

Esta pieza, la vamos a mecanizar en aluminio 6061 mediante control numérico.



2.1.5 SUSPENSIÓN TRASERA

El conjunto denominado suspensión trasera estará compuesto por el basculante, el cual está conformado por diferentes tirantes y tensores, y por los sistemas de sujeción al resto de componentes de la motocicleta así como al amortiguador situado bajo él.

En la siguiente fotografía se puede apreciar con detalle el diseño final del basculante una vez instalado en la motocicleta.



*FIGURA 76. DETALLE DEL
BASCULANTE UNA VEZ
INSTALADO EL NEÚMATICO Y
AMORTIGUADOR TRASERO*



*FIGURA 77. DETALLE DEL
BASCULANTE UNA VEZ
PUESTA A PUNTO LA
MOTOCICLETA PARA
COMPETIR*

Para la fabricación de este componente esencial en nuestra motocicleta, vamos a proceder como con todos los componentes tubulares de la misma. Esto es, fabricaremos un potro a partir de la pieza original y a partir de él, se fabricarán en serie todos los basculantes de nuestras motocicletas. El material, como ya es sabido para nuestras estructuras tubulares, es el acero aleado al cromo molibdeno 4130.

2.1.6 MANDOS Y CONTROLES

De todos los mandos y controles que posee la motocicleta, vamos a fabricar, por reducción de costes y calidad, los siguientes:

MANETA DE EMBRAGUE

La maneta de embrague es el elemento clave en el proceso de desembragado del motor y la caja de cambios. Por ello y sobre todo por ahorros en la producción (costes y material), escogimos la fabricación propia, para así poder darle a nuestras manetas unas formas óptimas atendiendo a las necesidades de nuestros clientes (los pilotos).



FIGURA 78. MANETA DE EMBRAGUE



Su fabricación se va a llevar a cabo en aluminio 6061 y mediante control numérico.

PALANCA DE FRENO TRASERO

La decisión de fabricar en nuestras máquinas CNC la palanca de freno trasero es la misma que expusimos con la maneta de embrague, básicamente, darle una forma única que les aporte una seña de identidad propia.

La palanca de freno trasero vendrá mecanizada en aluminio 6061 y presentará la siguiente forma una vez instalada en la motocicleta.



FIGURA 79. PALANCA DE FRENO TRASERO

En esta imagen se puede apreciar además, la estribera derecha instalada en la motocicleta.





PALANCA DE CAMBIO

Para la palanca de cambio se utilizará el mismo criterio que para los componentes anteriores, es decir, se mecanizará en CN siendo el material aluminio 6061. La forma de la palanca de cambio es:



FIGURA 80. PALANCA DE CAMBIO



CUADROS DE SUJECIÓN PALANCAS

Para la sujeción de las palancas de cambio y freno trasero y las estriberas tanto al basculante como al chasis, es necesario el mecanizado de dos piezas en aluminio 6061 de idéntica forma y que se situarán una a cada lado de la motocicleta así:



FIGURA 81. CUADRO DE SUJECIÓN DE PALANCA DE FRENO TRASERO



FIGURA 82. CUADRO DE SUJECIÓN PALANCA DE CAMBIO



Además, estas sujeciones contarán con la posibilidad de regular la posición del anclaje del conjunto palanca-estribera para adecuarla a los distintos tamaños de piloto y gustos de posición de conducción.



ESTRIBERAS

Son los elementos sobre los que reposarán los pies del piloto. Deberán evitar el deslizamiento de las botas de los pilotos. Por ello al mecanizarlos (igualmente en aluminio 6061) se deberá realizar una operación extra: el moleteado.

El moleteado tiene como objeto obtener una superficie rugosa en la que no se resbale al amarrar o apoyarse en la pieza. Para su realización se utilizan unas ruedas estriadas de acero llamadas moletas.

Dependiendo de cómo se realice el moleteado, así será la forma final de nuestras estriberas.

Por ello, y para adecuar nuestras estriberas a las exigencias de nuestros clientes, no es lo mismo las necesidades de un joven piloto de 14 años a las de uno de 25, la fabricación es propia.

Nuestras estriberas serán adaptables, esto es, se podrán alargar o encoger en un total de 5cm gracias a las regulaciones presentes en los cuadros de sujeción descritos anteriormente, para acogerse a un mayor mercado.

A continuación mostramos una imagen de una de nuestras estriberas montadas en la motocicleta.





*FIGURA 83. ESTRIBERAS
FABRICADAS MEDIANTE CNC
CON DETALLE DEL MOLETEADO*

DETALLE DEL MOLETEADO



CABALLETE

Se trata de un soporte fabricado mediante tubos de hierro a los que se le acoplan dos pares de ruedas a cada lado para facilitar su uso. La razón de utilizar hierro en este caso es su bajo coste de adquisición y manipulación aunque aumente el peso de la pieza.

Para su apoyo en la motocicleta es necesario fabricar dos cilindros de aluminio 6061 mediante control numérico, los cuales se anclarán uno a cada lado del basculante, tal y como se muestra en las siguientes imágenes.



*FIGURAS 84 Y 85. DETALLE
CILINDRO DE ALUMINIO 6061 1 Y 2*





FIGURAS 86 Y 87. MEDIDAS
DEL CABALLETE 1 Y 2

2.1.7 CARENADO

El carenado de nuestra motocicleta en serie se va a fabricar mediante moldeo por inyección y en ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno).

Gracias a la utilización de este material, el producto alcanza una gran perfección, con un espesor idéntico al original. Al tratarse de un proceso efectuado con maquinaria de control numérico, se puede establecer la calidad a priori, eliminando variables que pudiesen incidir en posibles defectos. La pintura ofrece un gran acabado y se aplica en dos capas. Los barnices son de tipo industrial, no artesanales o de taller.

Para la fabricación del carenado es necesaria la previa fabricación de un molde sobre el que se produzca toda la serie. Este molde se creará en las mismas fábricas de Guangzhou y, de la misma manera que sucedía con los potros creados para la fabricación de chasis, suspensiones, etc., su alto precio se amortizará a medida que se elaboren carenados en serie con un coste mucho menor.

En primer lugar, se afinan los carenados y, de forma sucesiva, se van pintando. A continuación se aplican los diferentes adhesivos y por último, una capa de barniz transparente. Las opciones de diseño son múltiples, lo que permitirá incluir varios modelos en nuestro catálogo de repuestos y poder modificar nuestra moto en relación a su apariencia continuamente

Las propiedades del ABS son:

El ABS es un material termoplástico de bajo coste con destacada resistencia al impacto y buenas características para el termo conformado. Es una excelente elección para cubiertas de maquinaria y puntos de venta donde la resistencia al impacto es requerida.

Posee buena maquinabilidad, es fácil de unir con adhesivos, fuerte y rígido, posee cierto grado ignífugo y se puede encontrar en amplia gama de colores y texturas.

Sus aplicaciones se centran en cubiertas de maquinarias, protectores, carenados, tapas y contenedores.

Las características fundamentales del Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS) son las siguientes:

	UNITS	ABS
Tensile strength	psi	4,100
Flexural modulus	psi	304,000
Izod impact (notched)	ft-lbs/in of notch	7.7
Heat deflection temperature @264 psi	°F	177
Maximum continuous service temperature in air	°F	160
Water absorption (immersion 24 hours)	%	0.30
Coefficient of linear thermal expansion	in/in/°F x 10 ⁻⁵	5.6

FIGURAS 88. PROPIEDADES ABS

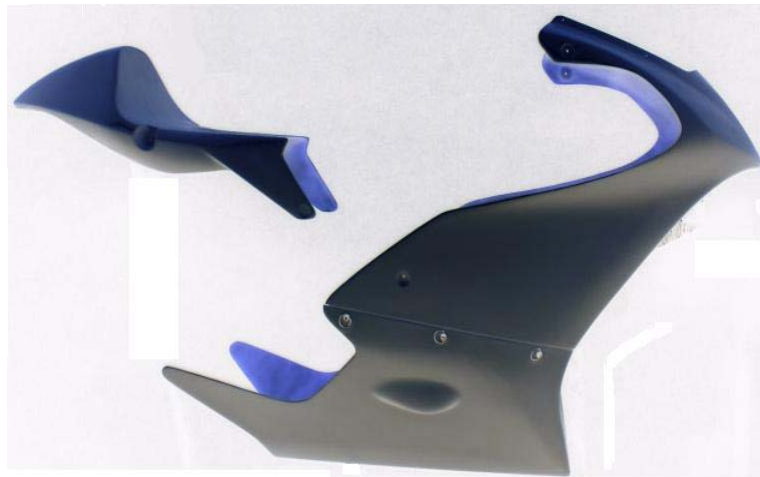


La función del carenado es muy importante. Esto es así porque se encarga de aportar la forma aerodinámica de la motocicleta, sin la cual todo el trabajo realizado en la motocicleta se puede perder.

En nuestra motocicleta, el carenado es:



*FIGURA 89. CARENADO
INSTALADO EN LA
MOTOMAQLAB*



*FIGURA 90. IMAGEN DE UN
CARENADO SIMILAR AL
INSTALADO EN NUESTRA
MOTOCICLETA*



2.2 Cadena de Montaje

Una cadena de montaje es un proceso productivo en el que cada empleado que la compone realiza una, o muy pocas, labores específicas y especializadas, pasando el producto semiterminado al siguiente operario para que realice otra operación concreta, y así hasta que el producto es terminado.

El trabajo rutinario y repetitivo del empleado permite una gran especialización en su tarea, y la minimización de los tiempos muertos y pérdidas de tiempo por traslados, al desarrollar su labor en un espacio concreto. También se permite así crear una maquinaria específica y especializada para cada tarea. Esto da lugar a una mayor productividad al reducirse los tiempos de producción, por lo que bajan los costes del producto.

La cadena de montaje se empleó por primera vez en la fábrica de Ford, para así abaratar los costes del automóvil y hacerlo accesible a gran cantidad de gente. Y en ello radica la importancia de sus innovaciones, diseñar una estrategia de producción concebida a partir de la normalización de las distintas piezas que componen el automóvil, las cuales eran fabricadas en serie, para ser ensambladas de forma ordenada en una cadena de montaje.

Su primera cadena completa de montaje de automóviles se basaba en tres principios: la racionalización de las operaciones necesarias para el montaje, el empleo de bandas de transporte y procesos que facilitasen el desplazamiento de los componentes y la utilización de cadenas de montaje que permitieran trasladar los automóviles en fabricación hasta la posición que ocupan los operarios, y no al revés.

Esta nueva forma de trabajar permitió reducir sustancialmente los tiempos necesarios para la fabricación de un automóvil y reducir consecuentemente el precio por unidad, lo cual favoreció en gran medida la motorización de Estados Unidos, básicamente con el famoso modelo Ford T (cuya producción convencional se había iniciado en 1907-1908), producido en la planta de Ford en Detroit.





FIGURA 91. FORD T

Para nuestro caso, tras haber descrito los procesos de fabricación de los elementos de producción propia, debemos mencionar aquellos que son indispensables para conformar nuestra cadena de montaje, como son las piezas de stock alto (tornillos, tuercas, rodamientos, etc) y las suministradas por proveedores (neumáticos, motor, suspensiones, etc).

En la siguiente tabla aparecen todos estos elementos, que junto a los ya descritos en el apartado anterior, conformaran la motocicleta.



SUBCONJUNTO	DESCRIPCIÓN	Stock Alto	Fabricación Propia	Proveedor
<i>RUEDA DELANTERA</i>	Llanta		x	
	Rodamiento rueda	x		
	Separador rodamientos rueda		x	
	Disco freno		x	
	Tornillo disco freno M8x25 Allen cabeza botón	x		
	Neumático 90/70-17"			x
	Válvula			x
	Contrapeso			x
	Eje de rueda		x	
	Tuerca eje rueda M14	x		
	Arandela eje rueda M14	x		
	Grasa	x		

<i>RUEDA TRASERA</i>	Llanta		x	
	Rodamiento rueda	x		
	Separador rodamientos rueda		x	
	Disco freno		x	
	Tornillo disco freno M8x25 Allen cabeza botón	x		
	Neumático 115/70-17"			x
	Válvula			x
	Contrapeso			x
	Eje de rueda		x	
	Tuerca eje rueda M14	x		
	Arandela eje rueda M14	x		
	Grasa	x		
	Corona transmisión		x	
	Tornillo corona M8x25 allen avellanado	x		



<i>FRENOS</i>	Pinza freno delantera completa			x
	Pinza freno trasero completa			x
	Latiguillo delantero completo			x
	Bomba freno delantera completa			x
	Arandela aluminio cierre latiguillo	x		
	Bomba freno trasera			x
	Depósito líquido freno trasero			x
	Abrazadera manguito líquido	x		
	Manguito depósito líquido freno trasero	x		
	Latiguillo freno trasero completo			x
	Tuerca tirante pinza freno tras M8	x		
	Tornillo tirante pinza freno tras M8	x		
	Tirante pinza freno		x	
	Tornillo cierre latiguillo	x		
	Líquido freno DOT4	x		

<i>CHASIS/SUBCHASIS</i>	Chasis		x	
	Subchasis		x	
	Tornillos anclaje Subchasis M8x25 Allen	x		
	Tuerca en jaula M5	x		
	Rodamiento triángulo suspensión superior SKF 638	x		
	Rodamiento triángulo suspensión inferior SKF 6200	x		
	Eje triángulo superior		x	
	Tuerca eje triángulo superior M8	x		



	Arandela M8	x		
	Eje triángulo inferior		x	
	Tuerca eje triángulo inferior M10	x		
	Arandela M10	x		
	Separador rodamientos triángulo inferior		x	
	Separador rodamientos triángulo superior		x	

<i>DIRECCIÓN</i>	Soporte		x	
	Tija		x	
	Eje dirección		x	
	Rodamiento dirección	x		
	Semimanillares completos		x	
	Compás dirección		x	
	Rótula compás M6	x		
	Tuerca dirección M20x1	x		
	Arandela dirección M20	x		
	Tornillo compás M8x30	x		
	Tornillo pasador unión compás M8x30	x		
	Tuerca M8 freno	x		
	Arandela M8	x		
	Contratuerca rótula compás	x		
	Grasa	x		



<i>SUSPENSIÓN DELANTERA</i>	Suspensión delantera		x	
	Tornillo cierre eje rueda M6	x		
	Arandela M6	x		
	Triángulo superior		x	
	Triángulo inferior		x	
	Rótula M14 SAKB14F	x		
	Contratuerca M14	x		
	Tornillo pasador bieletas M10x50	x		
	Tuerca M10 freno	x		
	Arandela M10	x		
	Casquillo centrado rueda delantera		x	
	Balancín suspensión delantera		x	
	Rodamiento balancín medio e inferior NKI10/20	x		
	Rodamiento balancín superior NA4901	x		
	Tornillo pasador amortiguador/balancín delantero M8x50	x		
	Tuerca M8 freno	x		
	Arandela M8	x		
	Amortiguador			x

<i>SUSPENSIÓN TRASERA</i>	Basculante		x	
	Tuerca tensor basculante M6 freno	x		
	Tornillo pasador balancín/basculante M12x80	x		
	Tuerca M12 freno	x		
	Arandela M12	x		
	Rodamiento balancín trasero NA4900	x		



	Pasador balancín/tirante M12x160	x		
	Tuerca M12 freno	x		
	Arandela M12	x		
	Rótula SAKB12F	x		
	Rótula SALKB12F	x		
	Contratuerca M12	x		
	Contratuerca M12 inv	x		
	Tornillo tirante/soporte M12x30	x		
	Arandela M12	x		
	Amortiguador			x
	Tornillo pasador amortiguador/balancín trasero M8x200	x		
	Arandela M8	x		
	Tuerca M8 freno	x		
	Rodamiento soporte amortiguador SKF 628	x		
	Tornillo soporte suspensión M10x150	x		
	Tuerca M10 freno	x		
	Arandela M10	x		

MOTOR/TRANSMISIÓN	Motor			x
	Carburador			x
	Centralita encendido			x
	Escape			x
	Piñón			x
	Cadena			x
	Bujía			x
	Bobina			x
	Pipa bujía			x
	Radiador			x
	Abrazadera manguito	x		
	Vaso de expansión			x
	Manguito radiador			x
	Junta termopar radiador	x		
	Termopar radiador	x		



MANDOS Y CONTROLES	Mando de gas			X
	Cable de gas			X
	Mando de starter			X
	Cable de starter			X
	Puños goma			X
	Maneta de embrague		X	
	Palanca de freno trasero		X	
	Palanca de cambio		X	
	Cuadros de sujeción palancas		X	
	Estriberas completas		X	
	Pie de motocicleta		X	
	Display			X
CARROCERÍA	Carenado		X	

TABLA 9. PIEZAS DE LA MOTOCICLETA

A continuación, vamos a desarrollar las subfases de fabricación, en cada una de las cuales participará personal cualificado y especializado.

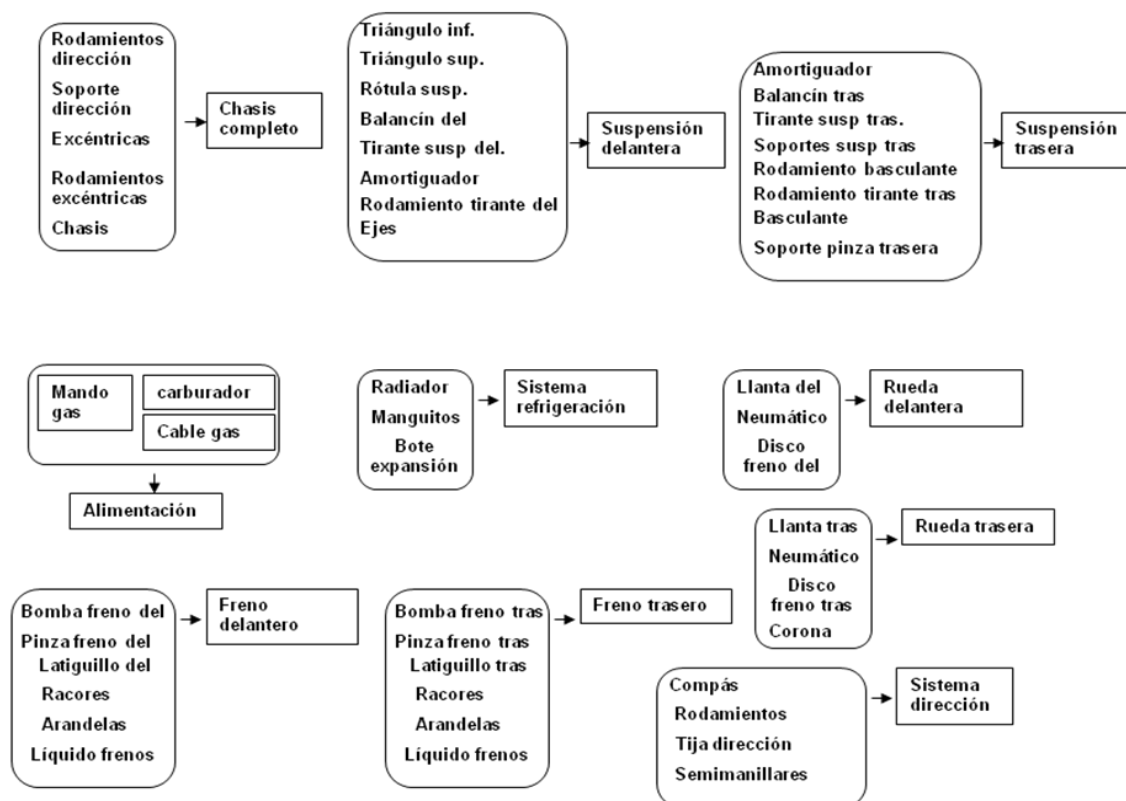


FIGURA 92. SUBFASES DE FABRICACIÓN



El hecho de dividir cada actividad de la empresa en una subfase independiente de las demás en las que participa un determinado personal especializado, hace que todas estas pre-líneas de montaje se puedan realizar en paralelo, es decir, realizarlas todas en un mismo período de tiempo, acortando tiempos de producción y de espera y costes finales.

Por ejemplo, se puede apreciar en la imagen superior como se puede realizar el montaje del chasis y de las suspensiones delanteras y traseras completamente independientes.

Una vez finalizadas las tareas de cada subfase, los subproductos creados estarán listos para entrar dentro de la línea de montaje definitiva, que dará como resultado nuestro producto final. El flujo de nuestra línea de montaje posee la siguiente estructura.

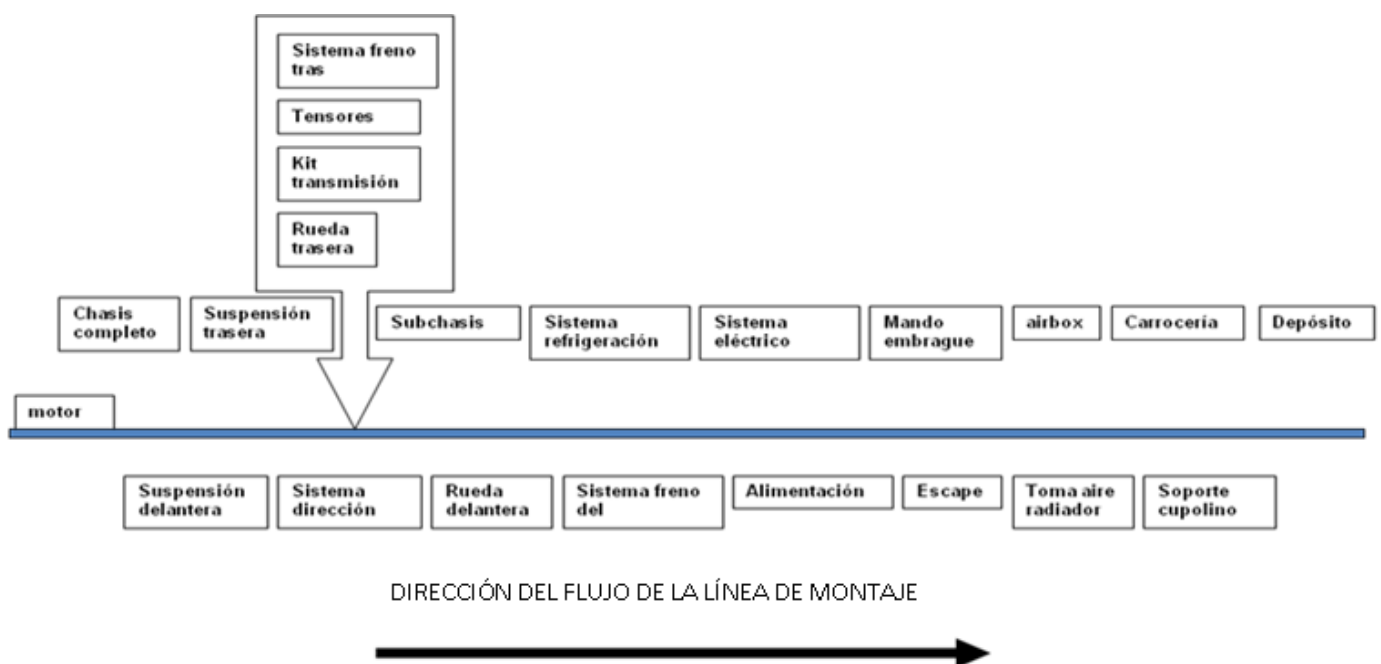


FIGURA 93. LÍNEA DE MONTAJE

En la imagen se puede apreciar el momento en el que cada subproducto entra en juego en la línea de montaje.





FIGURA 94. LÍNEA DE MONTAJE ADOPTADA EN GUANGZHOU



FIGURA 95. DISCIPLINA DE TRABAJO EN LA LÍNEA DE MONTAJE

FIGURA 96. OPERACIONES EN LA LÍNEA DE MONTAJE



A continuación, vamos a definir los elementos presentes en nuestra línea de montaje y que aún no han sido descritos.

AIRBOX

La airbox o cámara de aire es conocida en el mundo del automovilismo como una especie de cámara de admisión de aire. Los motores antiguos recogían el aire que usaban en la combustión de sus alrededores. Hoy en día, en su lugar, los motores modernos poseen un sistema de manguitos que conducen el aire directamente a cada carburador o a los puertos de admisión en los motores de inyección electrónica.

SOPORTE CUPOLINO

El soporte cupolino es uno de los elementos importantes en la sujeción del carenado al esqueleto de la motocicleta. Está compuesto por dos elementos fundamentalmente. El primero de ellos es una pieza elaborada en ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) que se encontrará situada en los laterales de la moto. El segundo elemento son dos barras mecanizadas en hierro que se encargarán de sujetar la cúpula del carenado a la dirección.

La razón de utilizar el mismo material en el soporte lateral que el empleado en la fabricación del carenado es aportar uniformidad al conjunto de la motocicleta.



FIGURA 97. SOPORTE CUPOLINO





DEPÓSITO

El depósito es el lugar donde se almacenará el carburante. Ha de ser estanco y estar provisto de un sistema de protección contra el fuego o bien de una vejiga de carburante a su salida hacia el motor.

Nuestra motocicleta posee la segunda posibilidad, la vejiga de carburante. La función de dicha vejiga consiste en evitar la salida de combustible del depósito hacia los conductos que lo envían al carburador-motor en situación de caída del piloto, accidente o peligro de incendio.



FIGURA 98. DEPÓSITO

Se recubrirá el depósito de nuestra motocicleta con una capa del mismo material que el empleado en la fabricación del carenado y del soporte cupolino, el ABS.



2.3 Proceso de Calidad

Una de las bases en un proceso de fabricación, es que debe ser un proceso dinámico, es decir, debe someterse a revisiones continuas para mejorar su eficiencia y maximizar la rentabilidad de la producción.

En este sentido, el control de calidad es uno de los aspectos clave en cualquier proceso productivo y de especial importancia en los procesos de fabricación. Durante la definición del proceso se hace necesario el análisis de los momentos en que se debe prever la inclusión de los diferentes controles para asegurar la calidad del producto.

El control de calidad hace referencia al interés en comprobar la conformidad del producto con respecto a las especificaciones de diseño del mismo. El objetivo de las acciones de control de calidad consiste en identificar las causas de la variabilidad para establecer métodos de corrección y de prevención y para lograr que los productos fabricados respondan a las especificaciones de diseño.

Para realizar un proceso de control de calidad correcto hay que definir primero qué se entiende por control de calidad:

1. Calidad es satisfacer todas las necesidades del cliente.
2. Un sistema de calidad debe estar orientado a la prevención de defectos, nunca a corregirlos.
3. El objetivo de calidad debe ser tener cero defectos o incidencias.
4. La calidad tiene que ser medible.

Nuestro proceso de calidad se fundamenta en la *Trilogía de Calidad de Juran* [2] que define la gestión de la calidad por medio de tres procesos:



1. PLANIFICACIÓN DE LA CALIDAD

Es la actividad para desarrollar los productos y procesos requeridos para satisfacer las necesidades de los clientes. Comprende una serie de pasos universales que se pueden resumir en, establecimiento de los objetivos de la calidad, identificación y determinación de los clientes, sus necesidades, desarrollo-diseño del producto y de los procesos necesarios para la fabricación del mismo, establecimiento de los controles de proceso y transferir los planes resultantes a las fuerzas operativas.

2. CONTROL DE LA CALIDAD

Incluye la evaluación de los resultados, comprobación de dichos resultados con los objetivos marcados y actuar en función de las diferencias obtenidas.

3. MEJORA DE LA CALIDAD

Establecimiento de la infraestructura necesaria para asegurar la mejor anual de la calidad, identificación de necesidades, creación de equipos con responsabilidades claras para cada proyecto, fijación de objetivos, organización de programa completo, concienciación de calidad e informes de progresos.

Esta planificación se aplicará de forma íntegra a nuestro proceso de fabricación, esto es, de manera que se abarque desde la provisión de la materia prima, hasta la entrega y venta de los productos. Por ello, y para lograr la calidad deseada se aplicará un **Control de Calidad Total**, incorporando la calidad en todas las fases por las que pase nuestras motocicletas que englobarían desde nuestras primeras ideas de diseño, pasando por su creación en nuestras fábricas en China, hasta la venta al cliente.

Gracias a este control continuado, no solo se satisfarán las necesidades de los clientes sino que nuestro proceso de fabricación se verá favorecido por la aparición de nuevas técnicas e ideas que mejoren la creación de los productos.



La implantación efectiva de este proyecto de calidad, generará una reducción de costes, ya que no será necesario perder tiempo detectando y corrigiendo errores, además de que una vez conseguida la confianza en el proceso se empleará menos tiempo y recursos en efectuar controles que aseguren la calidad continua del proceso.

En nuestro proceso de fabricación se han elaborado una serie de fases en las que se aplicarán diferentes regulaciones que controlen el cumplimiento de calidad. Estas fases son:

FASE DE DISEÑO

El equipo de trabajo, en este primer momento, se encarga de recopilar y estandarizar los planos elaborados de las piezas para posteriormente enviarlos a fábrica. Además ha de decidir la estrategia a desarrollar en las adquisiciones con los proveedores.

Esta estandarización de información consiste en la utilización del mismo software y pautas a la hora de su elaboración, incluyendo en ella todo lo relacionado con los materiales escogidos para la fabricación.

Con esto se consigue cumplir un primer objetivo que sería la máxima concreción de la información a enviar a Guangzhou, nuestra fábrica en China, de manera que no exista ninguna posibilidad a falsas interpretaciones que originen defectos de calidad.

FASE DE TRANSFERENCIA DE INFORMACIÓN

Toda esta fase estará controlada gracias a contactos continuos y periódicos entre un responsable técnico situado en España y un ingeniero cualificado que se enviará a nuestras fábricas en Asia y que recibirá la información de nuestros productos a fabricar. En estos contactos se reportarán informes de desarrollo e innovación desde China.





FASE DE FABRICACIÓN

Se trata de una fase crítica pues puedes realizar un contacto y transacción de información y datos óptima que resultaría inservible sin una fabricación del mismo nivel.

La fábrica elegida dispone de las certificaciones de calidad correspondientes e incluso ha obtenido premios en relación a su proceso de fabricación, lo cual permite adaptarse a los procedimientos de supervisión que la fábrica realice siempre teniendo en cuenta la presencia de nuestro ingeniero.

En esta fase, cada pieza finalizada quedará identificada mediante un código previamente establecido por la fábrica y que la guiará a lo largo de su estancia en ella. En la siguiente imagen se puede apreciar un detalle de la identificación de un chasis producido en las fábricas de Guangzhou.



*FIGURA 99. CÓDIGO IDENTIFICATORIO
DE PIEZA CORRECTA*





FASE DE MONTAJE

Una vez que las motocicletas han pasado por las pertinentes tareas dentro de la línea de montaje, todas y cada una de ellas rigurosamente controladas para evitar fallos de calidad, éstas se probarán para analizar su valía. En la siguiente imagen se muestra la realización de pruebas tras el montaje de motocicletas en la fábrica escogida en China.



*FIGURA 100. PRUEBAS REALIZADAS
TRAS MONTAJE*

Al finalizar el montaje de cada motocicleta los técnicos allí presentes etiquetarán las mismas para así facilitar su control, manipulación y traslado. En estas etiquetas aparecerá información tal como el engrasado de piezas rodantes, la inclusión o no de aceite en el motor, existencia de líquido de frenos, batería, etc., para así evitar problemas a la recepción de la motocicleta.





FASE DE EMBALAJE

En esta etapa se incluye toda la preparación del material a enviar que abarcará tanto las motocicletas montadas como repuestos de la misma, véase estriberas, manetas, llantas, etc.

No existirá ningún producto que no posea una certificación proveniente de fabricación y otra de embalaje que acredite que se envía en perfectas condiciones y acorde a lo exigido en las fases previas.



FASE DE RECEPCIÓN

Todos los productos se enviarán desde China vía marítima en contenedores preparados para tal fin. Dichos contenedores se recibirán en el puerto de Valencia desde donde serán trasladados a nuestras instalaciones. Allí se seguirá un protocolo de calidad basado en una inspección visual por parte de los operarios, una fase de fin de montaje en la que se adecuará cada motocicleta a las exigencias particulares de los clientes y un chequeo completo que considerará a cada motocicleta preparada o no para su puesta a punto.



FASE DE PUESTA A PUNTO

Aquí cobra importancia el cumplimiento de las exigencias impuestas por los clientes y por las regulaciones de los campeonatos en los que estos participarán. Así tras una serie de pruebas realizadas por personal cualificado quedará certificado que el producto cumple las prestaciones requeridas.





FASE CLIENTE

Puesto que el cliente es quién confía en nuestros productos, dispondrán de una serie de vías (página web principalmente) para informar acerca de problemas o sugerencias de mejora.



3. CATÁLOGO DE REPUESTOS

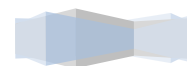
Los objetivos fundamentales en la creación de nuestro catálogo de repuestos son:

- La ampliación de mercado. Con la creación del catálogo, muchos “nuevos” clientes podrán optar a la compra de determinadas piezas para la mejora de su motocicleta que no necesariamente coincidirá con las nuestras.
- La mejora de nuestras motocicletas. Nuestros clientes tendrán la oportunidad a través del catálogo de disponer de nuestras novedades y así evolucionar sus motocicletas sin que estas se queden obsoletas.
- La diversificación de productos. Gracias a la diferenciación que se va a proponer en el catálogo, clientes con diferentes fines y oportunidades podrán adquirir nuestros productos. Esto es, existirán productos con diversos acabados y calidades dentro de un rango de precios.
- La posibilidad de suministro directo a los circuitos en los que participen nuestras motocicletas para cubrir posibles daños en materiales debidos a caídas o golpes en carreras.

En la estructuración del catálogo se podrá encontrar un número de referencia para cada producto, el cual facilitará operaciones de identificación, en pedidos, envíos y aprovechamiento y estructuración de almacenes. Además se podrá encontrar una especificación de los materiales con los que se han fabricado las piezas, una fotografía de las mismas y sus precios.

El número de identificación de los componentes vendrá compuesto por:

- XY: dos letras mayúsculas que se encargarán de identificar el tipo de pieza, por ejemplo nos encontraremos con CH para chasis o CT para coronas de transmisión.
- 00: dos números que servirán para diferenciar a varios productos de una misma clase, por ejemplo para diferenciar dos chasis entre sí o dos tipos diferentes de estriberas.



Un ejemplo de las etiquetas que se impondrán a las piezas del catálogo es:



FIGURA 101. EJEMPLO ETIQUETA CATÁLOGO

Las piezas que se van a incluir en nuestro catálogo, entre las que se encontrarán tanto productos de fabricación propia como suministrados por proveedores externos, son las siguientes:

- CH: Chasis
- SC: Subchasis
- SD: Suspensión delantera
- BC: Basculante
- SP: Soporte de dirección
- LL: Llanta
- DF: Disco de freno
- CT: Corona de transmisión
- PÑ: Piñón
- TJ: Tija
- SM: Semimanillares
- MA: Manetas

- AM: Amortiguador
- CB: Carburador
- ES: Escape
- BJ: Bujía
- RD: Radiador
- PG: Puños goma
- PF: Palanca de freno trasero
- PC: Palanca de cambio
- ET: Estriberas
- CD: Carenado
- NM: Neumáticos
- CS: Cuadro de sujeción

Todas estas piezas han sido escogidas gracias a entrevistas personales a pilotos, padres de pilotos y fabricantes de repuestos. Todos ellos, incidían en el punto de la falta de disponibilidad de piezas en caso de deterioro de la motocicleta en mitad de un campeonato debido a caídas o rupturas.

El catálogo se podrá consultar en los anexos al final de este documento.



4. PRESUPUESTOS

4.1 Presupuestos generales de fabricación

Como ya se comentó en el apartado de fabricación, los componentes de la motocicleta de producción propia se van a elaborar en fábricas no nacionales situadas en China, más concretamente en Guangzhou. Esto se decidió fundamentalmente por los bajos costes de fabricación en China respecto a los establecidos en España y el resto de Europa.

Para establecer unos presupuestos fiables contactamos directamente con la fábrica, la cual:

- Es la encargada en la gestión de proveedores de los materiales empleados en la fabricación de todo aquello solicitado, es decir, ellos mismos se encargan de comprar los materiales que nosotros hemos escogido incluyendo en los costes finales de fabricación un porcentaje de los mismos.
- En dichos costes finales de fabricación también incluirán las amortizaciones de toda la maquinaria empleada en la producción.
- Posee una producción denominada *seven days & twenty four hours*, esto es, una producción continuada a lo largo del día (24 horas ininterrumpidas) los siete días de la semana. Gracias a ello, y a que el precio de la mano de obra es muy bajo en China a día de hoy, los costes de fabricación son un 50% inferiores.

En nuestras fábricas en China se van a abordar cinco tipos diferentes de creación de componentes atendiendo al material empleado.

- Piezas fabricadas en Acero aleado al cromo molibdeno 4130 (1). Aquí como ya se ha indicado previamente, se incluyen el chasis, subchasis, etc. Para la fabricación de alguno de ellos es necesaria la previa creación de un potro que los reproducirá de forma exacta. Estos potros tendrán un coste de creación que se incluirá en el análisis.



- Piezas fabricadas en Aluminio 6061 (2). Dentro de este grupo se incluyen todos los elementos mecanizados en CNC. El coste de utilización de las máquinas de control numérico asciende a 8€ por hora, lo que supone la reducción en cuatro veces los costes. Dependiendo de la forma de la pieza a fabricar se requerirá de una determinada cantidad de material y de un específico tiempo de máquina que significarán el coste unitario final de cada una de ellas.
- Piezas fabricadas en ABS (3). Con este material se llevará a cabo la fabricación del carenado completo de la motocicleta, es decir, cúpula, colín, cubredepósito, etc, mediante moldeo por inyección.
- Piezas fabricadas en Duraluminio (4). El empleo de este material es exclusivo en la producción de las llantas y coronas de transmisión, las cuales poseerán un coste u otro atendiendo al diseño más o menos detallista de las mismas.
- Piezas fabricadas en Acero Inoxidable (5). El uso de este material está dirigido a la fabricación de los discos de freno que poseerán mayor o menor coste en función del nivel de detalle que posea su diseño.

A continuación se mostrará una tabla con las piezas fabricadas, el material de fabricación y su coste unitario.

ELEMENTO	CANTIDAD	MATERIAL	COSTE POTRO	COSTE PIEZA
<i>Separador rodamientos rueda</i>	2	2	-	0'80 €
<i>Disco freno</i>	2	5	-	5'00 €
<i>Eje de rueda</i>	2	1	-	1'3 €
<i>Corona transmisión</i>	1	1	-	7'00 €
<i>Tirante pinza freno</i>	1	2	-	1'10 €
<i>Llantas</i>	2	4	-	17'00 €
<i>Chasis</i>	1	1	2100'00 €	80'00 €
<i>Subchasis</i>	1	1	400'00 €	20'00 €
<i>Eje triángulo superior</i>	1	1	-	1'20 €
<i>Eje triángulo inferior</i>	1	1	-	1'20 €
<i>Separador rodamientos triángulo inferior</i>	1	2	-	0'80 €

<i>Separador rodamientos triángulo superior</i>	1	2	-	0'80 €
<i>Soporte de dirección</i>	1	1	300'00 €	25'00 €
<i>Tija</i>	1	2	-	14'00 €
<i>Eje dirección</i>	1	1	-	2'10 €
<i>Semimanillares completos</i>	1	2	-	5'00 €
<i>Compás dirección</i>	1	1	-	1'20 €
<i>Suspensión delantera</i>	1	1	1200'00 €	39'00 €
<i>Triángulo superior</i>	1	1	150'00 €	16'00 €
<i>Triángulo inferior</i>	1	1	150'00 €	16'00 €
<i>Casquillo centrado rueda delantera</i>	1	2	-	1'30 €
<i>Balancín suspensión delantera</i>	1	2	-	1'10 €
<i>Basculante</i>	1	1	1500'00 €	55'00 €
<i>Maneta de embrague</i>	1	2	-	1'60 €
<i>Palanca de freno trasero</i>	1	2	-	1'40 €
<i>Palanca de cambio</i>	1	2	-	1'00 €
<i>Estriberas completas</i>	2	2	-	5'00 €
<i>Carenado</i>	1	3	3000'00 €	350'00 €

<i>TOTAL POTROS</i>	8800'00 €
---------------------	-----------

TABLA 10. PRESUPUESTOS DE FABRICACIÓN

TOTAL POR MOTO	700 €
-----------------------	--------------

El coste total de producción y montaje del conjunto de piezas de fabricación propia es de 700 euros (€). En este precio está incluida la amortización de los potros entre las 500 motocicletas exigidas. Así a cada motocicleta se le asignará un precio de **amortización de potros** de 8800'00 € / 500 motocicletas = **17'60 €/moto**.

El siguiente paso es estudiar el presupuesto de proveedores, es decir, cuánto nos cuesta adquirir los elementos de la motocicleta que no fabricamos.



Entre los elementos que debemos adquirir de empresas externas encontramos el motor, los neumáticos, los amortiguadores, el radiador y otra serie de componentes que catalogaremos como varios, los cuales supondrán el mayor peso del presupuesto de nuestras motocicletas.

Hay que recordar que debemos adquirir dos tipos de motores:

- ROTAX 122 22 kW (30CV) para las motocicletas 125 cc PRE-GP.
- MINARELLI AM6 para las motocicletas 80 cc (Challenge y XL-PRO).

Para el estudio se estiman unas ventas de 350 motocicletas de 125 cc y 150 motocicletas de 80 cc (suman un total de 500 motocicletas).

Los neumáticos que se van a adquirir son de la marca Dunlop los cuáles se describieron en el catálogo de repuestos. Estos se escogieron debido a que en todas las categorías que nos ocupa, los reglamentos dejan libertad de adquisición de gomas excepto en la Cuna de Campeones de Bancaja, que especifican unos concretos.

Las suspensiones serán de la marca DNM modelo M22 SUSPENSIONS con sede en Taiwan.

El radiador será el modelo de la Honda CBR de 125 cc adquirido a CHONGQUING DEGEND SCIENCE & TECHNOLOGY CO., con sede en China (igual que nuestras fábricas).

El conjunto de elementos varios lo componen todos aquellos elementos de sujeción (o de stock alto) y los utilizados en la puesta a punto y en marcha de la motocicleta, entre los que se encuentran rodamientos, tornillería, grasas, rótulas, etc. La adquisición de estos elementos se va a realizar igualmente en China debido a su bajo coste de adquisición.



PIEZAS	PROVEEDOR	CANTIDAD	COSTE UNIDAD	TOTAL
	ROTAX	350 unidades	2000'00 €	
<i>Motor</i>				880000'00 €
	MINARELLI	150 unidades	1200'00 €	
<i>Amortiguadores</i>	DNM (Taiwan)	1000 motos + 500 repuestos	75'00 €	112500'00 €
<i>Radiador</i>	China	500 motos + 50 repuestos	600'00 €	330000'00 €
<i>Neumáticos</i>	DUNLOP	1000 motos + 500 repuestos	125'00 €	187500'00 €
<i>Varios</i>	China	Necesidades motos + 15% repuestos	-	250000'00 €

TABLA 11. PRESUPUESTOS DE PROVEEDORES

TOTAL	1760000'00 €
--------------	--------------

Debido a la proximidad geográfica entre nuestros proveedores y nuestras fábricas, se enviarán todos nuestros pedidos vía marítima, como se señaló en el apartado de calidad, hasta el puerto de Valencia desde donde entrará en juego el transporte terrestre mediante furgonetas hasta cada cliente.

Así el coste de transporte será:



TIPO	COSTE
<i>Marítimo</i>	19760'00 €
<i>Terrestre</i>	5000'00 €
<i>Furgoneta</i>	6000'00 €

TOTAL	30760'00 €
--------------	-------------------

TABLA 12. PREUSPUESTOS DE TRANSPORTE

Reagrupando todos estos costes y dividiendo los gastos entre las 500 motocicletas, el coste por unidad creada ascenderá a la cantidad de:

PRESUPUESTO	EUROS
<i>Fabricación propia</i>	350000'00 €
<i>Proveedores</i>	1760000'00 €
<i>Transporte</i>	30760'00 €

TOTAL	2140760'00 €
--------------	---------------------

TOTAL POR MOTO	4281'52 €
-----------------------	------------------

TABLA 13. PRESUPUESTOS FINALES

Como puede observarse este valor de CUATRO MIL DOSCIENTOS OCHENTA Y UN EUROS CON CINCUENTA Y DOS CÉNTIMOS 4281'52 € es inferior al límite presupuestario impuesto en el concurso Motostudent 2010 de 4500'00 €.



Con la diferencia presupuestaria obtenida se jugará en la fabricación de un mayor número de repuestos para nuestro catálogo en función de la demanda existente.

4.2 Presupuesto de realización del proyecto

A continuación se muestra un presupuesto del coste del desarrollo de este proyecto.

OPERACIONES	DESCRIPCIÓN DE OPERACIONES	PRECIO ESTIMADO EN EUROS €
Equipo utilizado	Ordenador personal Toshiba M9 Intel Centrino Duo	700'00 €
Coste de trabajo	Horas de trabajo x €/hora	250h x 30€/hora = 7500'00 €
Coste de asesoramiento	Horas de asesoramiento x €/hora	20h x 50€/hora = 1000'00 €
Coste de entrevistas	Horas de entrevistas x €/hora	50h x 30€/hora = 1500'00 €
Coste de movilidad	Horas de movilidad x €/hora	30h x (30 + 10) €/hora = 1200'00 €
Coste de diseño	Horas de diseño del documento x €/hora	100h x 30€/hora = 3000'00 €

TOTAL	14900,00 €
--------------	-------------------

TABLA 14. PRESUPUESTO DE REALIZACIÓN DEL PROYECTO



CONCLUSIONES

Para poder comercializar las 500 unidades exigidas a producir según las normas del concurso Motostudent con un coste de producción nunca mayor a 4500'00 € por unidad, es necesaria la externalización de la producción.

Entre las diferentes posibilidades, se encuentra la de enviar toda nuestra elaboración de motocicletas a China. Esta es la opción más atractiva por sus bajos costes de mano de obra y de elaboración y montaje de conjuntos, condiciones no excluyentes de unas excelentes calidades finales.

Además para extender el mercado de nuestra motocicleta es una excelente propuesta la adaptación de nuestro prototipo inicial a diferentes categorías dentro de los campeonatos de velocidad existentes en España puesto que las variaciones a realizar no son críticas. Con esto conseguimos que los pilotos vayan creciendo y evolucionando con nuestros productos, con nuestras motos.

La creación de un catálogo de repuestos acorde a las necesidades de los pilotos encuestados, que son quienes adquirirán nuestros productos, provoca un aumento en las posibilidades de ventas y beneficios.



BIBLIOGRAFÍA

Para la realización de este proyecto nos hemos basado en las siguientes fuentes de información:

- Documentos suministrados por la empresa *Rav Riders*.
- Contactos vía telefónica y vía web con los proveedores y pilotos entrevistados.
- Información adquirida vía web:
 - o www.rotax.com
 - o www.calleja.es
 - o www.rav-riders.com
 - o www.minarelli.com
 - o www.curvac.com
 - o www.google.es
 - o Foros de motocicletas
 - o www.gasgas.com
 - o www.dunloptires.com
 - o www.bridgestonetire.com
 - o [1] www.soymoto.net
- Información obtenida de apuntes de asignaturas cursadas en la titulación Ingeniería Técnica Industrial: Mecánica.
 - o J.E. Shigley y C. Mischke: Diseño en ingeniería mecánica. McGraw Hill
 - o Hilton, Richard: "Welding design and processes". 1950. Chapman & Hall.
 - o Schwartz, Mel M.: "Composite materials handbook". 1992. McGraw-Hill.
 - o Callister, W.D.: Ciencia e ingeniería de los materiales. Reverté.
 - o [2] Gestión de la calidad total, Paul James, Prentice Hall, 1997.
 - o J.B. Heywood: Internal combustion engine fundamentals. McGraw-Hill. ISBN 0-07-028637-X.



ANEXOS



CATÁLOGO DE REPUESTOS MOTOMAQLAB



CHASIS



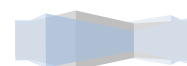
NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN	MATERIAL	PRECIO
CH-01	Acero 4130 al Cr-Mo	260,00 €
CH-10	Aluminio	350,00 €
CH-11	Fibra de Carbono	525,00 €



SUBCHASIS



NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN	MATERIAL	PRECIO
SC-01	Acero 4130 al Cr-Mo	100,00 €
SC-10	Aluminio	150,00 €
SC-11	Fibra de Carbono	250,00 €



SUSPENSIÓN DELANTERA



NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN	MATERIAL	PRECIO
SD-01	Acero 4130 al Cr-Mo	125,00 €
SD-10	Aluminio	175,00 €
SD-11	Fibra de Carbono	280,00 €



BASCULANTE



NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN	MATERIAL	PRECIO
BC-01	Acero 4130 al Cr-Mo	140,00 €
BC-10	Aluminio	225,00 €
BC-11	Fibra de Carbono	300,00 €



SOPORTE DE DIRECCIÓN



NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN	MATERIAL	PRECIO
SP-01	Acero 4130 al Cr-Mo	70,00 €
SP-10	Aluminio	110,00 €
SP-11	Fibra de Carbono	200,00 €



LLANTAS



NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN	MATERIAL	PRECIO
LL-01	Duraluminio	175,00 €
LL-10	Aluminio 6061	185,00 €

DISCO DE FRENO



NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN	MATERIAL	PRECIO
DF-01	Hierro Modelo 1	20'00 €
DF-10	Acero Inoxidable Modelo 1	25,00 €
DF-11	Acero Inoxidable Modelo 2	30,00 €
DF-11	Acero Inoxidable Modelo 3	35,00 €

CORONA DE TRANSMISIÓN



NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN	MATERIAL	PRECIO
CT-01	Duraluminio	25,00 €
CT-10	Aluminio 6061 color oro	50,00 €
CT-11	Aluminio	50,00 €



PIÑÓN



NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN	MATERIAL	PRECIO
PÑ-01	Hierro	10,00 €
PÑ-10	Aluminio 6061	12,00 €
PÑ-11	Titanio	15,00 €



TIJA



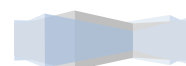
NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN	MATERIAL	PRECIO
TJ-01	Hierro	40,00 €
TJ-10	Aluminio 6061	70,00 €
TJ-11	Titanio	85,00 €



SEMIMANILLARES



NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN	MATERIAL	PRECIO
SM-01	Hierro	55,00 €
SM-10	Aluminio 6061	75,00 €
SM-11	Titanio	80,00 €



MANETAS



NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN	MATERIAL	PRECIO
MA-01	Hierro	70,00 €
MA-10	Aluminio 6160	90,00 €
MA-11	Titanio	115,00 €



AMORTIGUADOR



NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN	MATERIAL	PRECIO
AM-01	DNM Modelo 1	150,00 €
AM-10	DNM Modelo 2	180,00 €
AM-11	FOURNALES	325,00 €



CARBURADOR



Modelo 3. Incluye tobera, puño de gas, cable acelerador y juntas.



NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN	MATERIAL	PRECIO
CB-01	Modelo 1	80,00 €
CB-10	Modelo 2	180,00 €
CB-11	Modelo 3	250,00 €



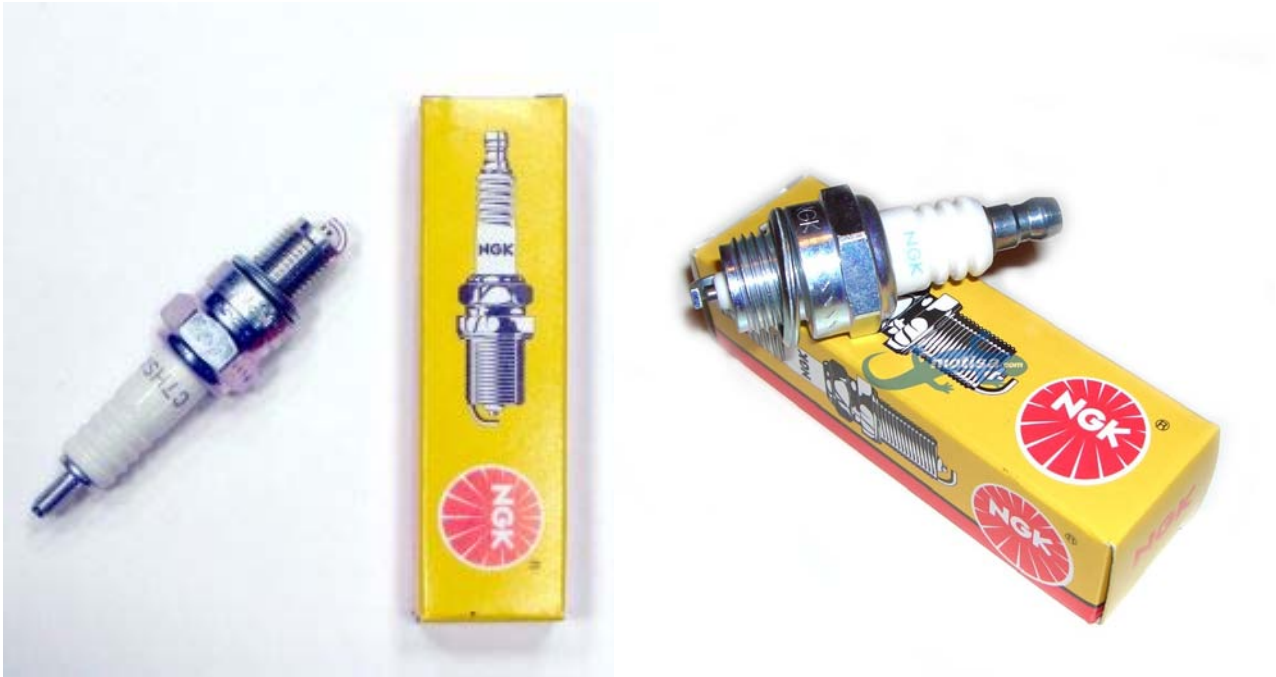
ESCAPE



NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN	MATERIAL	PRECIO
ES-01	Modelo 1	250,00 €
ES-10	Modelo 2	350,00 €
ES-11	Modelo 3	500,00 €



BUJÍAS



NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN	MATERIAL	PRECIO
BJ-01	Mod.1 C7HSA	6,00 €
BJ-10	Mod.2 NGK	8,50 €
BJ-11	Mod.3 NGK	14,00 €



RADIADOR



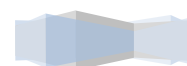
NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN	MATERIAL	PRECIO
RD-01	Aluminio Mod.1 (Aceite)	45,00 €
RD-10	Aluminio Mod.2 (Aceite)	120,00 €
RD-11	Aluminio Mod.3 (Aceite)	250,00 €



PUÑOS DE GOMA



NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN	MATERIAL	PRECIO
PG-01	Modelo 1	7,00 €
PG-10	Modelo 2	10,00 €
PG-11	Modelo 3	15,00 €



PALANCA DE FRENO TRASERO



NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN	MATERIAL	PRECIO
PF-01	Hierro	25,00 €
PF-10	Aluminio 6061 detalle CNC	70,00 €
PF-11	Titanio detalle CNC	70,00 €



PALANCA DE CAMBIO



NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN	MATERIAL	PRECIO
PC-01	Hierro	14,00 €
PC-10	Aluminio 6061	40,00 €
PC-11	Titanio detalle CNC	65,00 €



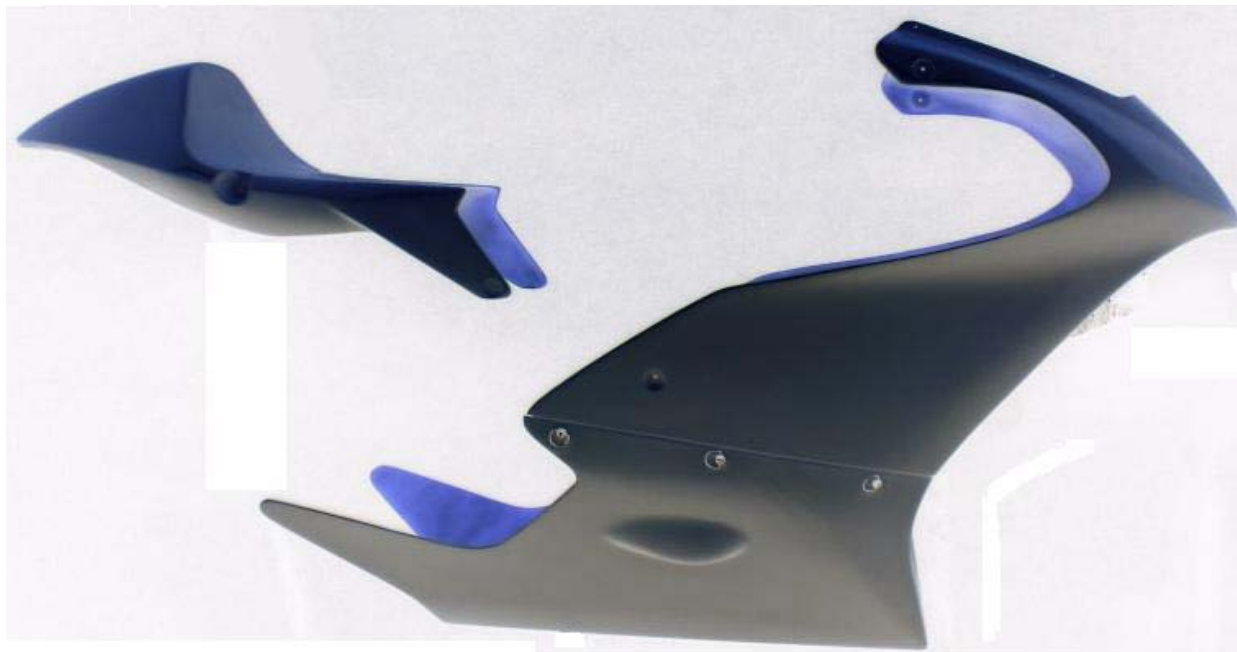
ESTRIBERAS



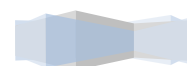
NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN	MATERIAL	PRECIO
ET-01	Hierro	30,00 €
ET-10	Aluminio 6061 detalle CNC	60,00 €
ET-11	Titanio detalle CNC	68,00 €



CARENADO



NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN	MATERIAL	PRECIO
CD-01	ABS Mod.1	500,00 €
CD-10	ABS Mod.2	600,00 €
CD-11	ABS Mod.3	700,00 €



NEUMÁTICOS



NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN	MATERIAL	PRECIO
NM-01	Dunlop seco	Del.90/70R17_120'00 € Tras.115/70R17_150'00 €
NM-10	Dunlop lluvia	Del.90/70R17_140'00 € Tras.115/70R17_168'00 €
NM-11	Bridgestone	Del.90/580R17_82'00 € Tras.120/600R17_116'00 €



CUADRO DE SUJECCIÓN PALANCAS



NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN	MATERIAL	PRECIO
CS-01	Hierro	25,00 €
CS-10	Aluminio 6061	50,00 €
CS-11	Titanio	60,00 €

